

PCT

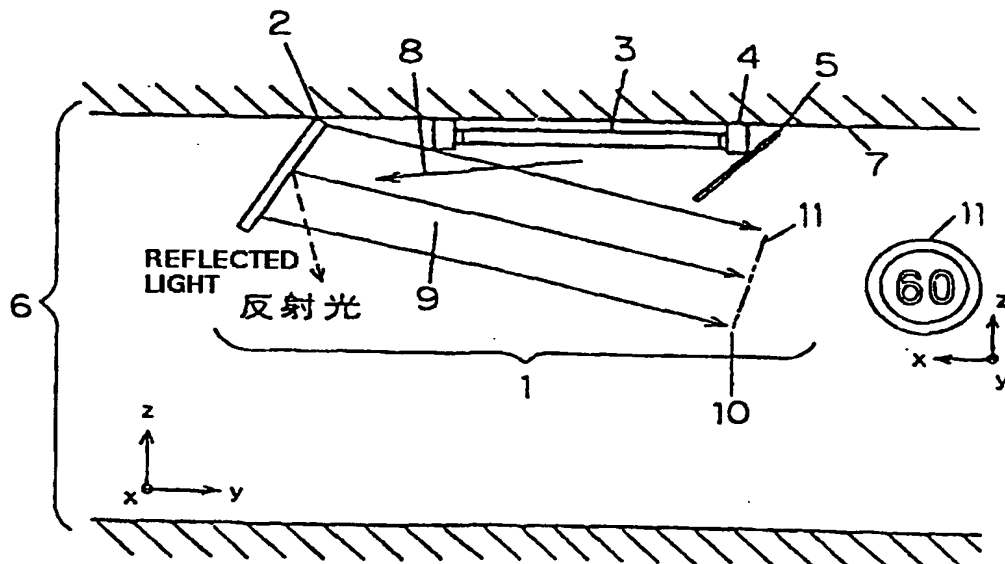
世界知的所有権機関
国際事務局

特許協力条約に基づいて公開された国際出願



09/381528

(51) 国際特許分類6 G03H 1/24, 1/26, 1/04, G09F 9/00, 19/12, 13/04	A1	(11) 国際公開番号 WO98/41905 (43) 国際公開日 1998年9月24日(24.09.98)
(21) 国際出願番号 PCT/JP98/01148 (22) 国際出願日 1998年3月18日(18.03.98) (30) 優先権データ 特願平9/64071 1997年3月18日(18.03.97) JP 特願平9/278402 1997年10月13日(13.10.97) JP (71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.)[JP/JP] 〒571-8501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka, (JP) (72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 武富義尚(TAKETOMI, Yoshinao)[JP/JP] 〒610-0357 京都府京田辺市山手東1-16-13 Kyoto, (JP) 久保田敏弘(KUBOTA, Toshihiro)[JP/JP] 〒611-0042 京都府宇治市小倉町西畑34-1-609 Kyoto, (JP) 丹治能彦(TANJI, Yoshihiko)[JP/JP] 〒563-0104 大阪府豊能郡豊能町光風台6-7-13 Osaka, (JP) 林 全郎(HAYASHI, Zenrou)[JP/JP] 〒569-1029 大阪府高槻市安岡寺町3-21-12 Osaka, (JP)	(74) 代理人 弁理士 山本秀策(YAMAMOTO, Shusaku) 〒540-6015 大阪府大阪市中央区域見一丁目2番27号 クリスタルタワー15階 Osaka, (JP) (81) 指定国 AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, GW, HU, ID, IL, IS, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO特許 (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類 国際調査報告書 補正書 補正書の公開日 : 1998年10月29日(29.10.98)	

(54) Title: OPTICAL DISPLAY**(54) 発明の名称** 光学式表示装置**(57) Abstract**

An optical display provided with a hologram element and a light source, wherein the hologram is a reflection hologram formed by a light beam which is obtained by utilizing light passing through a slit and has information on an object and a reference light beam which has an incident lighth path different from that of the light having the information on an object, and the reproduced image of the object is displayed using the light from the light source.

(57) 要約

ホログラム素子と、光源と、を備える光学式表示装置において、該ホログラムは、スリットを通過した光を利用して得られた、被写体の情報を有する光と、該被写体の情報を有する該光とは異なる入射光路を有する参照光と、によって形成される反射型ホログラムであり、該光源からの光で該被写体の再生像を表示する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード（参考情報）

AL	アルバニア	FR	フランス	LT	リトアニア	SN	セネガル
AM	アルメニア	GB	イギリス	LV	ラトヴィア	SD	スーダン
AT	オーストリア	DE	ドイツ	MC	モナコ	TD	チャド
AZ	アゼルバイジャン	EE	エストニア	MD	モルドバ	TG	トーゴ
BB	バハマ	FI	フィンランド	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BE	ベルギー	IL	イスラエル	MK	マケドニア	TR	トルコ
BG	ブルガリア	IT	イタリア	ML	マリ	TT	トリニダード・トバゴ
BR	ブラジル	JP	日本	MN	モンゴル	TZ	タンザニア
CA	カナダ	KE	ケニア	MR	モーリタニア	UG	ウガンダ
CC	ココス（キリング）	KH	カンボジア	MX	メキシコ	US	米国
CF	中央アフリカ共和国	LA	ラオス	NE	ネパール	UY	ウルグアイ
CG	コンゴ（ブラザビル）	LB	レバノン	NL	オランダ	VN	ベトナム
CH	スイス	LU	ルクセンブルク	NO	ノルウェー	WU	ウズベキスタン
CI	コートジボワール	LV	リベリア	P	パキスタン	YU	ユーゴスラビア
CK	クック	LR	ラトヴィア	PL	ポーランド	Z	ジンバブエ
CL	チリ	LS	レソト	PT	ポルトガル		
CM	コンゴ（ブラザビル）			RO	ルーマニア		
CO	コロンビア			RU	ロシア		
CR	コスタリカ			SE	スウェーデン		
CU	キューバ			SI	スロベニア		
DE	ドイツ			SK	スロバキア		
DK	デンマーク			SL	シエラレオネ		
EE	エストニア						

明 細 書

光学式表示装置

5 技術分野

本発明は、画像情報や文字情報を表示する光学式表示装置に関する。

背景技術

近年、画像情報や文字情報を表示する光学式表示装置は、様々な分野で広く使用されている。その一例は、交通情報表示板、行き先案内板、或いは宣伝広告板などに広く使用されている電光式の光学式表示装置であり、例えば、特開平6-228921号公報、特開平7-129108号公報、特開平7-140912号公報、特開平8-6513号公報、特開平8-158322号公報、特開平8-160894号公報などに、関連する技術が開示されている。以下ではまず、
10 光学式表示装置の最も一般的な例の一つである蛍光灯内蔵式の光学式道路標識を、
15 図面を参照して説明する。但し、これ以外にも、LEDやEL素子を内蔵して自発光表示を行うものや、光ファイバや導光板で光源からの光を導くものなど、様々な従来技術による構成が知られている。

図1Aは、従来の光学式道路標識の構成を示す側面図であり、図1Bは、その
20 正面図である。具体的には、156は標識表示板、157はリング型蛍光管、158は標識本体、及び159は標識支柱を示す。

標識表示板156は、半透明の樹脂の上に標識のパターンが印刷されて構成されており、このパターンを標識内部側からリング型蛍光管157の光によって照明することで、夜でも標識が認識される。標識本体158は、リング型蛍光管157と標識表示板156とを支持していて、標識支柱159に支持されることによって道路の側壁或いはトンネル天井などに設置される。
25

しかし、上記のような従来の構成は、以下のような問題点を有する。

まず、標識のパターンが半透明の樹脂の上に印刷されているか或いはカラー樹脂で構成されているために、光源であるリング型蛍光管 1 5 7 が発する光の多くがこの樹脂に吸収されてしまうため、表示が十分に明るくない。

5 第 2 に、標識表示板 1 5 6 及び蛍光管（光源） 1 5 7 を含む表示部が標識本体 1 5 8 によって支持される構造になっているので、表示部を含む部分が大きく且つ重くなる。さらに、それを支える標識支柱 1 5 9 も堅固でなければならず、全体構成が、さらに大きく且つ重い構造になる。

10 第 3 に、その構造上、取付面である道路の側壁或いはトンネル天井などから大きく突出した形で設置しなければならないため、何らかの理由で人、車、或いは運搬物などの移動体が接触すると、表示装置本体の破損と同時に移動体の損傷が生じ得る。さらに、こうした事故を避けるためには設置空間を大きく確保する必要があり、非経済的である。

15 上記の問題点は、図 1 A 及び及び図 1 B に従来例として示した蛍光灯内蔵式の光学式道路標識だけの課題ではなく、LED などの自発光式構成や、光ファイバや導光板で光源からの光を導く形態の構成でも、同様である。さらに、上述の道路標識に限らず、表示すべきパターンを光源からの光によって照射するタイプの光学式表示装置の全般に、共通の問題点である。

20 そこで、以上のような問題を解決し得る構成として、ホログラムを使用した構成が考えられる。

以下では、まず、一般的な従来技術によるホログラムの作成原理、及びそのような従来のホログラムを使用した画像情報の表示（再生）原理を説明する。

図 2 A は、一般的なホログラムの作成原理を模式的に示す図である。

25 すなわち、被写体 O をレーザ光源から発した物体照明光 I L で照射して、被写体 O の形状などに関する情報を有する物体光 O L を形成し、ホログラム乾板 H 1 に入射させる。さらに、同時に、物体照明光 I L と同じレーザ光源から発した光

をビームスプリッタなどで分離して形成した参照光 $RL1$ を、ホログラム乾板 $H1$ に斜めから入射させる。これにより、物体光 OL と参照光 $RL1$ との干渉縞が、ホログラム乾板 $H1$ に記録される。このような干渉縞（被写体 O の情報を有している）が記録されたホログラム乾板 $H1$ を、以下では「ホログラム板 $H1$ 」とも称する。

図2Bは、図2Aによって形成されたホログラム板 $H1$ の再生原理を模式的に示す図である。

すなわち、ホログラム板 $H1$ の作成時に使用したのと同じレーザ光源からの光である再生照明光 $RI1$ を、参照光 $RL1$ （図2A参照）と同じ経路で伝搬させて、ホログラム板 $H1$ に照射する。これによって、ホログラム板 $H1$ に記録された被写体の情報を有する光（再生光） $R1$ が再生されて、最初に被写体が置かれていた位置に、再生像 $I1$ が観察される。

しかし、以上のような方式では、ホログラム板 $H1$ の作成時及び再生時の光源としてレーザ光源を使用する必要があるため、コストが低減できない、取り扱いが煩雑である、などの問題点を有している。

これに対して、以下で説明する反射型ホログラムでは、白色光を使用したホログラム像の再生が可能になる。

反射型ホログラムの作成にあたっては、まず図2Aに示す方法で作成したホログラム板 $H1$ に、図3Aに示すように、図2Bに示す再生照明光 $RI1$ とは逆の方向から再生照明光（レーザ光） $RI21$ を照射する。これによって、ホログラム板 $H1$ から被写体があった位置に向かう再生光 $R21$ が再生され、被写体があった位置に被写体の実像（再生像） $I21$ が再生される。次に、図3Bに示すように、被写体の再生像 $I21$ から距離 $z0$ だけ離れた位置に新たなホログラム乾板 $H2$ を置き、このホログラム乾板 $H2$ に対して、ホログラム板 $H1$ とは逆の方向から参照光 $RL2$ を斜めに入射させる。この参照光 $RL2$ は、再生照明光 $RI21$ と同じレーザ光源から発した光をビームスプリッタなどで分離して形成され

る。これにより、再生照明光 R_{I21} と参照光 R_{L2} との干渉縞が、ホログラム乾板 $H2$ に記録される。このような干渉縞（被写体の情報を有している）が反射型ホログラムとして記録されたホログラム乾板 $H2$ を、以下では「反射型ホログラム板 $H2$ 」とも称する。

5 図3Cは、上記のように形成された反射ホログラム板 $H2$ の再生原理を模式的に示す図である。

すなわち、反射型ホログラム板 $H2$ を、図3Bの参照光 R_{L2} と正反対の方向に伝搬する再生照明光 R_{I22} （反射型ホログラム板 $H2$ からある距離だけ離れて置かれた点光源からの白色光）で、照射する。これによって、反射型ホログラム板 $H2$ に記録された被写体の情報を有する再生光 R_{22} が再生されて、最初に
10 被写体が置かれていた位置に再生像 I_{22} が形成される。

反射型ホログラムでは、光の回折特性（回折効率）における波長選択性（色選択性）が高いために、ホログラム作成に使用されたレーザ光の波長の近傍の光で、像 I_{22} が再生される。これにより、重ね合わせによってカラー画像の再生も可能である。しかし、反射型ホログラム乾板 $H2$ の位置及び再生像 I_{22} の表示位置を示す距離 z_0 が大きいと、明瞭な再生像が得られなくなる。

15 ここで、反射型ホログラムの再生像がぼける理由を、図3D及び図3Eを参照してさらに説明する。

反射型ホログラムに対する再生照明光 R_{I22} は、白色光である。このため、
20 ホログラムの作成時に使用されたレーザ光の波長 λ_0 以外の波長も、再生照明光 R_{I22} に含まれる。図3Eの回折効率の波長依存性のグラフに示されるように、反射型ホログラムでは波長選択性が高く、ホログラムの作成時に使用されたレーザ光の波長（中心波長） λ_0 から大きく離れた波長の光は、ほとんど回折されない。従って、中心波長 λ_0 の近傍の波長の光だけが回折されて、像 I_{22} が再生
25 される。しかし、このときに実際には、図3D及び図3Eで λ_1 及び λ_2 で代表されているような、中心波長 λ_0 の近傍にあるが λ_0 とは異なる波長の光も再生

光 R_{22} に含まれており、それらの光による再生像も同時に形成されて、中心波長 λ_0 の光による本来の再生像に重畳される。この影響で、再生像 I_{22} が形成される位置までの距離 z_0 が大きく設定された場合には、再生像 I_{22} がぼけてしまう。すなわち、反射型ホログラムでは、作成時に設定された距離 z_0 から離れると、明瞭な再生像 I_{22} を視認することができない。これは、所期の情報を明瞭に伝達することを目的とする道路標識などの光学式情報装置への応用にあたっては、極めて重大な短所となる。

以上のように、従来の一般的なホログラム、及びそれを応用した反射型ホログラムは、例えば道路標識のような光学式表示装置として利用するためには、コストの面や正確な情報の表示・伝達などの面で、大きな問題を有している。

一方、上記で説明したものとはさらに異なるホログラム表示方法として、レインボウホログラムとして知られる手法がある。

レインボウホログラムの作成にあたっては、まず図2Aに示す方法で作成したホログラム板 H_1 に、図4Aに示すように、幅 Δ のスリットを通して、図2Bに示す再生照明光 R_{11} とは逆の方向から再生照明光（レーザ光） R_{131} を照射する。これによって、ホログラム板 H_1 から被写体があった位置に向かう再生光 R_{31} が再生され、被写体があった位置に被写体の実像（再生像） I_{31} が再生される。次に、図4Bに示すように、被写体の再生像 I_{31} から距離 z_0 だけ離れた位置に、新たなホログラム乾板 H_3 を置き、このホログラム乾板 H_3 に対して、ホログラム板 H_1 と同じ側から参照光 R_{L3} を斜めに入射させる。この参照光 R_{L3} は、再生照明光 R_{131} と同じレーザ光源から発した光をビームスプリッタなどで分離して形成される。これにより、再生照明光 R_{131} と参照光 R_{L3} との干渉縞が、ホログラム乾板 H_3 に記録される。このような干渉縞（被写体の情報を有している）がレインボウホログラム手法による透過型ホログラムとして記録されたホログラム乾板を、以下では「レインボウホログラム板 H_3 」とも称する。

図4 Cは、上記のように形成されたレインボウホログラム板H 3の再生原理を模式的に示す図である。

すなわち、レインボウホログラム板H 3を、図4 Bの参照光R L 3と正反対の方向に伝搬する再生照明光R I 3 2（レインボウホログラム板H 3からある距離だけ離れて置かれた点光源からの白色光）で、照射する。これによって、レインボウホログラム板H 3に記録された被写体の情報を有する再生光R 3 2が再生されて、作成時にスリットが置かれていた位置に向かい、最初に被写体が置かれていた位置に再生像I 3 2が形成される。

このようにして形成されるレインボウホログラムでは、反射型ホログラムに比べて明瞭な再生像が観察される。この理由を、図4 D及び図4 Eを参照して説明する。

レインボウホログラムに対する再生照明光R I 3 2は白色光であるので、ホログラムの作成時に使用されたレーザ光の波長 λ_0 以外の波長も、再生照明光R I 3 2に含まれる。しかし、図4 Eの回折効率の波長依存性のグラフに示されるように、透過型ホログラムであるレインボウホログラムでは波長選択性が低く、比較的広い波長範囲の光を回折して再生光R 3 2を発生し、異なった波長の光に対応する像I 3 2が再生される。但し、レインボウホログラムの作成時にスリットを使用していることから、異なる波長の光による再生像は、それぞれ異なった位置に（すなわち、空間的に分離されて）形成される。例えば、図4 D及び図4 Eで λ_1 及び λ_2 で代表されているような中心波長 λ_0 とは異なる波長による再生像は、中心波長 λ_0 の光による再生像とは異なる位置に同時に形成され、中心波長 λ_0 の光による本来の再生像に空間的に重畳されることはない。このため、レインボウホログラムでは、観察位置の変化に応じて異なる色の再生像I 3 2が、比較的明瞭に観察される。

観察位置によって異なる色の再生像I 3 2が観察されるということが、レインボウホログラムの名称の由来でもあり、この点をメリットとして捉えた各種のA

アプリケーションが提案されてきている。しかし、他方で、カラー画像の再生という観点からは、このような観察位置による再生像 132 の色の変化は、所期のカラー画像が再生できないというデメリットとなる。例えば、先に述べた道路標識の場合には、所定の色の使用も伝達すべき情報の一部を構成していることから、
5 上記のようなレインボウホログラムの特徴は、所期の情報を明瞭に伝達することを目的とする光学式情報装置への応用にあたっては、極めて重大な短所となる。

発明の開示

本発明は、以上のような従来技術の問題点を考慮してなされてものであって、
10 その目的は、新たな手法に基づくホログラム技術の利用によって、少ない占有空間で、明るく明瞭な画像情報を再生・表示することができる軽量の光学式表示装置を提供することである。

本発明のある局面によって提供される光学式表示装置は、ホログラム素子と光源とを備える。該ホログラムは、スリットを通過した光を利用して得られた、被
15 写体の情報を有する光と、該被写体の情報を有する該光とは異なる入射光路を有する参照光と、によって形成される反射型ホログラムであり、該光源からの光で該被写体の再生像を表示する。このような特徴によって、上記の目的が達成される。

ある実施形態では、前記被写体の情報を有する前記光は、前記スリットを通過した拡散光を該被写体に照射して得られる物体光である。前記拡散光は、すりガラスに光を通すことで形成され得る。
20

他の実施形態では、前記被写体の情報を有する前記光は、前記スリットを通過した拡散光を該被写体に照射して得られる物体光と、該物体光とは異なる入射光路を有する照射光と、によって形成された透過型ホログラムを再生して得られる再生光である。前記拡散光は、すりガラスに光を通すことで形成され得る。
25

さらに他の実施形態では、前記被写体の情報を有する前記光は、該被写体の像

が記録された透過型ホログラムに近接して配置された前記スリットを通過して得られた、該透過型ホログラムの再生光である。

さらに他の実施形態では、前記被写体の情報を有する前記光は、該被写体の像が記録された透過型ホログラムに近接して配置された前記スリットと、該スリットの長手方向に母線を有するシリンドリカルレンズと、を通過して得られた、該透過型ホログラムの再生光である。

前記参照光は、前記スリットの長手方向に直交する方向に複数のビームを重ね合わせて構成され得る。

好ましくは、前記光源は線状光源である。前記線状光源は、前記スリットの長手方向に直交する面の上或いはその近傍に配置され得る。

ある実施形態では、前記参照光は、前記スリットの長手方向に直交する面を入射平面とする。或いは、前記参照光は、前記スリットの長手方向に直交する面とは異なる面を入射平面とし得る。

本発明の他の局面によって提供される光学式表示装置は、ホログラム素子と光源とを備える光学式表示装置である。該ホログラムは、一方向に拡散する拡散光を利用して得られた、被写体の情報を有する光と、該被写体の情報を有する該光とは異なる入射光路を有する参照光と、によって形成される反射型ホログラムであり、該光源からの光で該被写体の再生像を表示する。このような特徴によって、上記の目的が達成される。

ある実施形態では、前記被写体の情報を有する前記光は、前記拡散光を該被写体に照射して得られる物体光である。

他の実施形態では、前記被写体の情報を有する前記光は、前記拡散光を該被写体に照射して得られる物体光と、該物体光とは異なる入射光路を有する照射光と、によって形成された透過型ホログラムを再生して得られる再生光である。前記参照光は、前記拡散光の拡散方向に直交する方向に複数のビームを重ね合わせて構成され得る。

さらに他の実施形態では、前記被写体の情報を有する前記光は、該被写体の像が記録された透過型ホログラムに近接して配置された前記スリットを通過して得られた、該透過型ホログラムの再生光である。前記参照光は、前記拡散光の拡散方向に直交する方向に複数のビームを重ね合わせて構成され得る。

5 ある実施形態では、前記拡散光は、レンチキュラーレンズに光を通すことで形成されている。

好ましくは、前記光源は線状光源である。前記線状光源は、前記拡散光の拡散方向に直交する面の上或いはその近傍に配置され得る。

10 ある実施形態では、前記参照光は、前記拡散光の拡散方向に直交する面を入射平面とする。或いは、前記参照光は、前記拡散光の拡散方向に直交する面とは異なる面を入射平面とし得る。

15 本発明によれば、複数の表示ユニットが配置面の上に配列され、該複数のユニットからの再生像が合成して表示される光学式表示システムであって、該複数のユニットの各々が上述の特徴を有する本発明の光学式表示装置であるような光学式表示システムが、提供される。

本発明の光学式表示装置における前記ホログラム素子は、複数のホログラム要素を組み合わせて構成され得る。

本発明の光学式表示装置における前記ホログラム素子は、可撓性基板の上に形成され得る。

20 本発明の光学式表示装置における前記ホログラム素子は、携帯可能であり得る。

本発明の光学式表示装置における前記光源は、線状光源であり得て、該線状光源の長さ及び設置方向が、所定の再生像の視認範囲が得られるように設定され得る。

25 本発明の光学式表示装置における前記光源は、線状光源であり得て、該線状光源を入射平面外に移動することで再生像の結像位置がシフトされ得る。

ある場合には、本発明の光学式表示装置は、複数の前記ホログラム素子を備え、

一つの光源で該複数のホログラム素子を再生するように構成されている。

本発明の光学式表示装置における前記光源は、線状光源であり得る。ある場合には、該線状光源が、蛍光管、或いは蛍光管と反射板との組合せである。

5 本発明の光学式表示装置における前記光源は、多数面ミラーと点光源とから構成された線状光源であり得る。

本発明の光学式表示装置における前記光源は、円筒面ミラーと点光源とから構成された線状光源であり得る。

本発明の光学式表示装置における前記光源は、ミラー或いはレンズによって線状に集光された光ビームによって構成された線状光源であり得る。

10 本発明の光学式表示装置における前記光源は、点光源の列によって構成された線状光源であり得る。

本発明の光学式表示装置における前記光源は、2次元表示装置の上に表示された輝線によって構成された線状光源であり得る。

15 本発明によれば、上記のような特徴を有する本発明の光学式表示装置と、情報通信装置と、を備えた光学式表示システムが提供され得る。前記光学式表示装置は、前記情報通信装置の通信領域を3次元的に表示し得る。前記光学式表示装置の表示領域と前記情報通信装置の前記通信領域とが一致し得る。前記情報通信装置は、情報の一方向通信或いはインタラクティブ通信を行い得る。

20 本発明の他の局面によって提供される光学式表示装置は、画像表示装置と、結像光学系と、ホログラムスクリーンと、を備える。該ホログラムスクリーンは、点光源からの光を反射して、該点光源とは異なる位置に点像を結像するように構成されており、該結像光学系は、該画像表示装置に表示された画像の縦方向の焦点を、該ホログラムスクリーンの上に一致させるように構成されている。このような特徴によって、前述の目的が達成される。

25 ある実施形態では、前記結像される点像は実像である。

他の実施形態では、前記結像される点像は、前記ホログラムスクリーンに対し

て、前記点光源とは反対側の位置に結像される虚像である。

ある実施形態では、前記結像光学系は、縦方向と横方向とでお互いに独立した結像機能を有していて、該縦方向については、前記画像表示装置に表示された画像の縦方向の焦点を、前記ホログラムスクリーンの上に一致させるように構成され、該横方向については、焦点距離が可変になるように構成されている。

上記の光学式表示装置は、偏光を透過させる方向が両眼でお互いに直交している偏光メガネを、さらに備え得る。

本発明によれば、複数の表示ユニットが横方向に配置されている光学式表示システムであって、該複数の表示ユニットの各々が上述した特徴を有する本発明の光学式表示装置であるような光学式表示システムが、提供され得る。

また、本発明によれば、複数の表示ユニットが奥行き向に配置されている光学式表示システムであって、該複数の表示ユニットの各々が上述した特徴を有する本発明の光学式表示装置であるような光学式表示システムが、提供され得る。

前記画像表示装置は、LED、CRT、高分子分散型液晶パネル、或いは有機ELパネルから選択された表示素子と、偏光スイッチング素子と、を含み得る。

また、前記偏光スイッチング素子は、強誘電液晶パネルを含み得る。

図面の簡単な説明

図1A及び図1Bは、それぞれ、従来の光学式道路標識の構成を示す側面図及び正面図である。

図2Aは、一般的な従来のホログラムの作成原理を模式的に示す図である。

図2Bは、図2Aによって形成されたホログラムの再生原理を模式的に示す図である。

図3A及び図3Bは、それぞれ、従来の反射型ホログラムの作成原理を模式的に示す図である。

図3Cは、図3A及び図3Bで形成された反射型ホログラムの再生原理を模式

的に示す図である。

図 3 D は、反射型ホログラムの再生像がぼける理由を説明するための模式図である。

図 3 E は、反射型ホログラムにおける回折効率の波長依存性を模式的に示す図である。

図 4 A 及び図 4 B は、それぞれ、従来のレインボウホログラムの作成原理を模式的に示す図である。

図 4 C は、図 4 A 及び図 4 B で形成されたレインボウホログラムの再生原理を模式的に示す図である。

図 4 D は、レインボウホログラムの再生像のぼけが少ない理由を説明するための模式図である。

図 4 E は、レインボウホログラムにおける回折効率の波長依存性を模式的に説明する図である。

図 5 A 及び図 5 B は、それぞれ、本発明による反射型ホログラムの作成原理を模式的に示す図である。

図 5 C は、図 5 A 及び図 5 B で形成された本発明の反射型ホログラムの再生原理を模式的に示す図である。

図 6 A は、本発明の反射型ホログラムの再生像のぼけが少ない理由を説明するための模式図である。

図 6 B は、本発明の反射型ホログラムにおける回折効率の波長依存性を模式的に説明する図である。

図 7 A 及び図 7 B は、それぞれ、図 5 A 及び図 5 B で形成された本発明の反射型ホログラムを線状光源を用いて再生する様子を模式的に示す図である。

図 8 は、本発明の第 1 の実施形態における光学式表示装置の構成を示す側面図である。

図 9 は、図 8 の光学式表示装置の平面図である。

図10は、本発明におけるホログラムの作製光学系を示す斜視図である。

図11A及び図11Bは、それぞれ、図10に示したホログラムの作製光学系の側面図及び平面図である。

5 図12は、ホログラム高さと観察位置との幾何学的関係を模式的に示す図である。

図13は、再生像の大きさと観察位置との関係を示すグラフである。

図14は、1次元ディフューザを用いた露光光学系の構成を模式的に示す図である。

10 図15A及び図15Bは、それぞれ、本発明によるホログラムの再生原理を示す側面図及び平面図である。

図16A及び図16Bは、それぞれ、本発明による再生像の観察で使い得る開口の形状をそれぞれ示す図である。

図17Aは、本発明の光学式表示装置の再生光学系を示す斜視図である。

15 図17B及び図17Cは、それぞれ、同じ長さの蛍光灯を水平配置した場合及び垂直配置した場合の、視認角度範囲を示す図である。

図18は、本発明の第2の実施形態における光学式表示装置の構成を示す側面図である。

図19は、視認距離を限定できることを模式的に示す図である。

20 図20は、線状光源（蛍光灯）の設置位置が入射平面から離れている場合（オフセット配置された場合）における、本発明の光学式表示装置の平面図である。

図21Aは、カラー3原色に対応する3枚の露光用パターンマスクを示す図である。

図21Bは、作製された3原色のホログラムを重ねたときの再生像を示す図である。

25 図21Cは、作製されたホログラムを一枚の基板の上に積層した様子を示す図である。

図 2 2 は、再生像の中心の色変化と参照光角度との関係を示すグラフである。

図 2 3 は、再生像内の色分布と参照光角度との関係を示すグラフである。

図 2 4 は、再生像内の色分布と観察位置との関係を示すグラフである。

5 図 2 5 A ~ 2 5 E は、ホログラムを可撓性基板の上に形成した例をそれぞれ示す図である。

図 2 6 は、レーザ発振波長以外の色で再生表示を行うホログラムの作製光学系の側面図を示す。

図 2 7 A は、視認範囲内で色変化が小さくなるホログラムの設置状況を示す図であり、図 2 7 B は、通常のホログラム再生状況を示す図である。

10 図 2 8 は、要素ホログラムの組み合わせで大型の表示を行うことを示す概念図である。

図 2 9 A 及び図 2 9 B は、それぞれ、表示ユニットを 3 つ左右に並べて構成した光学式表示装置の一例の正面図及び側面図である。

15 図 3 0 A 及び図 3 0 B は、表示ユニットを 3 つ左右に並べて一つの大きなパターンを表示する光学式表示装置の一例を示す図であり、それぞれ、分割された再生像及び継ぎ目なく合成された再生像を示す図である。

図 3 1 A は、本発明の第 1 2 の実施形態における光学式表示装置の構成を示す側面図である。

20 図 3 1 B は、図 3 1 A の光学式表示装置によって表示されるパターンを示す図である。

図 3 1 C は、図 3 1 A の光学式表示装置における各表示ユニットに記録される要素パターンを示す図である。

図 3 1 D は、図 3 1 A の光学式表示装置によって表示される再生像を示す図である。

25 図 3 2 は、本発明の第 1 3 の実施形態における光学式表示装置の斜視図である。

図 3 3 は、図 3 2 の光学式表示装置に含まれるホログラムユニットの構成図で

ある。

図 3 4 は、図 3 2 の光学式表示装置の動作原理図である。

図 3 5 は、本発明の第 1 4 の実施形態における光学式表示装置の斜視図である。

5 図 3 6 は、図 3 5 の光学式表示装置に含まれるホログラムユニットの構成図である。

図 3 7 は、図 3 5 の光学式表示装置の動作原理図である。

図 3 8 は、本発明の第 1 5 の実施形態における光学式表示装置の構成図である。

図 3 9 A 及び図 3 9 B は、それぞれ、本発明の第 1 6 の実施形態における透過型ホログラムの作製光学系の側面図及び平面図である。

10 図 4 0 は、本発明の第 1 6 の実施形態における反射型ホログラムの作製光学系の側面図である。

図 4 1 は、本発明の第 1 7 の実施形態における透過型ホログラムの作製光学系の側面図である。

15 図 4 2 は、本発明の第 1 7 の実施形態における反射型ホログラムの作製光学系の側面図である。

図 4 3 は、本発明の第 1 8 の実施形態における反射型ホログラムの作製光学系の側面図である。

図 4 4 は、本発明の第 1 9 の実施形態における光学式表示装置の側面図である。

20 図 4 5 は、図 4 4 の光学式表示装置において、ホログラムスクリーン上に投影結像される像を、模式的に示す図である。

図 4 6 A 及び図 4 6 B は、それぞれ、図 4 4 の光学式表示装置におけるホログラムスクリーンの機能原理を模式的に示す平面図及び側面図である。

図 4 7 は、図 4 4 の光学式表示装置におけるホログラムスクリーンの作製光学系を模式的に示す図である。

25 図 4 8 A 及び図 4 8 B は、それぞれ、図 4 4 の光学式表示装置における光線の進み方を模式的に示す平面図及び側面図である。

図49A及び図49Bは、それぞれ、図44の光学式表示装置におけるホログラムスクリーンから観察者までの光線の進み方を模式的に示す平面図及び側面図である。

5 図50は、背の高い建造物を通常のカメラで撮影したときの撮影像の歪みを模式的に示す図である。

図51A～51Dは、それぞれ、フロントライジング写真撮影技術の手順を模式的に示す図である。

図52は、図44の光学式表示装置の配置がフロントライジング写真撮影技術の条件を満たしていることを模式的に示す図である。

10 図53は、写真撮影技術であるシャインプルーグ条件に基づいた構成図である。

図54A及び図54Bは、それぞれ、可変焦点レンズを用いて構成される光学式表示装置における光線の進み方を模式的に示す平面図及び側面図である。

図55は、像がホログラムスクリーンの向こう側に形成される光学式表示装置における、ホログラムスクリーンの作製光学系を模式的に示す図である。

15 図56は、像がホログラムスクリーンの向こう側に形成される光学式表示装置の構成を模式的に示す図である。

図57は、図56の光学式表示装置をヘッドアップディスプレイに応用した場合の構成を模式的に示す図である。

20 図58は、本発明の第20の実施形態における3次元表示装置の構成を模式的に示す図である。

図59A及び図59Bは、それぞれ、表示ユニットを3つ左右に並べて一つの大きなパターンを表示する光学式表示装置の一例の側面図及び正面図である。

図60は、表示ユニットを3つ左右に並べて一つの大きなパターンを表示する光学式表示装置の他の一例の正面図である。

25 図61は、複数の表示ユニットを像の奥行き方向に並べて1つの大きなパターンを表示する光学式表示装置の構成を示す側面図である。

図 6 2 A ~ 図 6 2 C は、それぞれ、図 6 1 の光学式表示装置に含まれる各表示ユニットのホログラムスクリーンの作製光学系を示す図である。

図 6 3 A は、図 6 1 の光学式表示装置によって表示されるパターンを示す図である。

5 図 6 3 B は、図 6 1 の光学式表示装置における各表示ユニットに記録される要素パターンを示す図である。

図 6 3 C は、図 6 1 に示す光学式表示装置によって表示される再生像を示す図である。

10 発明を実施するための最良の形態

本発明の具体的な実施形態の説明に先立って、まず、本発明の光学式表示装置を実現するために本願発明者によって提案されるホログラムの原理について、説明する。

15 本発明によるホログラムの作成にあたっては、まず図 2 A に示す従来の方法で作成したホログラム板 H 1 に、図 5 A に示すように、幅 Δ のスリットを通して、図 2 B に示す再生照明光 R I 1 とは逆の方向から再生照明光（レーザ光）R I 4 1 を照射する。これによって、ホログラム板 H 1 から被写体があった位置に向かう再生光 R 4 1 が再生され、被写体があった位置に被写体の実像（再生像）I 4 1 が再生される。次に、図 5 B に示すように、被写体の再生像 I 4 1 から距離 z
20 0 だけ離れた位置にホログラム乾板 H 4 を置き、このホログラム乾板 H 4 に対して、ホログラム板 H 1 とは反対側から参照光 R L 4 を斜めに入射させる。この参照光 R L 4 は、再生照明光 R I 4 1 と同じレーザ光源から発した光をビームスプリッタなどで分離して形成される。これにより、再生照明光 R I 4 1 と参照光 R L 4 との干渉縞が、ホログラム乾板 H 4 に記録される。このような干渉縞（被写体の情報を有している）が反射型ホログラムとして記録されたホログラム乾板 H 4 を、以下では「ホログラム板 H 4」とも称する。
25

図5Cは、上記のように形成されたホログラム板H4の再生原理を模式的に示す図である。

すなわち、ホログラム板H4を、図5Bの参照光RL4とは正反対の方向に伝搬する再生照明光（白色光）RI42で照射する。これによって、ホログラム板H4に記録された被写体の情報を有する再生光R42が再生されて、作成時にスリットが置かれていた位置に向かい、最初に被写体が置かれていた位置に再生像I42が形成される。

このようにして形成される本発明のホログラムでは、従来の反射型ホログラムに比べて明瞭な再生像I42が観察され、且つ従来のレインボウホログラムのような観察位置に依存する再生像の色の大きな変化という問題点も生じない。この理由を、以下に説明する。

本発明のホログラムに対する再生照明光は白色光であるので、ホログラムの作成時に使用されたレーザ光の波長 λ_0 以外の波長も、再生照明光に含まれる。しかし、図6Aの回折効率の波長依存性のグラフに示されるように、反射型ホログラムでは波長選択性が高く、ホログラム作成時に使用されたレーザ光の波長（中心波長） λ_0 から大きく離れた波長の光は、ほとんど回折されない。従って、基本的には、中心波長 λ_0 の近傍の波長の光だけが回折されて再生光R42となり、これらの光による像I42が再生される。このときに実際には、図6A及び図6Bで λ_1 及び λ_2 で代表されているような、中心波長 λ_0 の近傍にあるが λ_0 とは異なる波長の光による再生像も同時に形成されるが、本発明では、ホログラムの作成時にスリットを使用していることから、異なる波長の光による再生像は、それぞれ異なった位置に（すなわち空間的に分離されて）形成される。例えば、図6A及び図6Bで λ_1 及び λ_2 で代表されているような中心波長 λ_0 とは異なる波長による再生像は、中心波長 λ_0 の光による再生像とは異なる位置に同時に形成され、中心波長 λ_0 の光による本来の再生像に空間的に重畳されることはない。このため、本発明のホログラムでは、観察位置によって再生像I42の色が

僅かに変化するものの、各色の再生像 I 4 2 は明瞭に観察される。

ここで、本発明のホログラムは反射型であることから、回折効率における波長選択性が高く、中心波長 λ_0 の近傍以外の波長の光は回折されない。このため、再生照明光として、ホログラム板 H 4 からある距離だけ離れて配置された点光源からの白色光 R I 4 2 A を使用する場合には、観察位置が大きく変化すると（すなわち、観察者が大きく移動すると）、その観察位置で観察し得る像を形成する波長に対するホログラムの回折効率は零になって、再生像が観察されないことになる。言い換えると、本発明のホログラムを点光源からの平行光 R I 4 2 A で再生すると、再生像 I 4 2 の視認範囲が極めて狭くなる。

しかし、図 7 A に示すように、ホログラム板 H 4 に入射する再生照明光 R I 4 2 が平行光ではなく、ある入射角度を有する光の集合体である場合には、それぞれの入射角度に応じて最も適した波長を有する再生光 R 4 2 による再生像 I 4 2 が、お互いに空間的に異なった位置に分離して再生される。このような入射条件は、点光源ではなく線状光源 L L を使用すれば、実現することが可能である。すなわち、図 7 B に示すように、本発明のホログラムに対する再生照明光 R I 4 2 の光源 L L として蛍光灯のような線状光源 L L を使用すれば、ホログラム板 H 4 に対する再生照明光 R I 4 2 の入射角度に意図的にある角度範囲を持たせることができて、結果的に再生像 I 4 2 の視認範囲を広げることが可能になる。

このとき、本発明のホログラムに対する観察位置が変化すると、従来のレインボウホログラムの場合のように、再生像 I 4 2 の色が変化する。しかし、このような再生像 I 4 2 の色の変化の割合は、レインボウホログラムにおける色変化の数%程度である。例えば、入射角度 45 度の参照光でホログラム板を形成した場合に、レインボウホログラムにおける再生像の色が青から赤に変化するような観察位置の変化では、100 nm オーダの波長変化が生じている。これに対して、本発明のホログラムでは、同程度の観察位置の変化に対して、再生像 I 4 2 の波長変化は約 6 nm であり、色の変化は殆ど認識されない。

5 なお、上記のような本発明のホログラムの構成を従来のレインボウホログラムに
 応用しても、7色の再生像がお互いに重なり合って、全体が白色化していくに
 すぎない。これは、従来のレインボウホログラムが透過型ホログラムであるの
 に対して、本発明のホログラムが反射型であり、回折効率の波長依存性が高いこと
 による。

10 このように、本発明のホログラム形成原理では、従来の反射型ホログラムでは
 短所と考えられていた「回折効率の波長依存性が高く再生像の視認範囲が狭い」
 という特徴を長所として捉えて、スリットを通したレーザ光で再生された像を反
 射型ホログラムとして焼き付けてホログラム板を形成する。そして、そのよう
 にして形成したホログラム板を用いて再生像を得ることによって、観察位置がずれ
 ても像のぼけが少ない、波長選択性が高く再生像の重ね合わせによるカラー再生
 像を得ることができるなどの、従来の様々なホログラムの構成原理では得られな
 かった特徴を得ることができる。

15 以下では、以上のような原理に基づく本発明のホログラム手法を利用して構成
 される本発明の光学式表示装置の様々な実施形態を、添付の図面を参照しながら
 説明する。

(第1の実施形態)

20 図8は、本発明の第1の実施形態における光学式表示装置の構成を示す側面図
 であり、図9は、光学式表示装置の平面図である。この実施形態では、本発明の
 光学式表示装置が、トンネル内の道路標識として用いられている。

25 図8において、1は本実施形態の光学式表示装置、2はホログラム、3は線状
 光源である蛍光灯、4は蛍光灯灯具、5は遮蔽板である。光学式表示装置1は、
 トンネル6の天井面7に配置されている。

 蛍光灯3を発した照明光8のうちでホログラム2に入射するものは、これによ

って回折されて再生光 9 となり、仮想表示面 10 に再生像 11 が形成される。このとき、正面から見た再生像 11 は、トンネル 6 の内部を通行中の車から見ると、制限速度表示の道路標識があたかもトンネル 6 の天井面 7 から離れて下がった位置に吊り下げられているかのように見えることになる。しかし、これは仮想表示面 10 の上での表示（再生像 11）であり、現実的にその箇所には何も物体は存在しない。従って、車との接触事故などは全く起こり得ない。

なお、仮想表示面 10 は、空間内に仮想的に設けられた平面または曲面である。また、ホログラム 2 の表面からの反射光は、路面に向かう方向（この方向の反射光は図 8 に図示されている）、或いは天井面 7 に向かう方向（この方向の反射光は図 8 に図示されていない）に偏向させることができるため、運転者の目に直接入ることはない。むしろ、これらの反射光は、それぞれ道路面や天井面を照らす照明光となり得て、有用に活用され得る。

また、蛍光灯 3 からの照明光 8 の一部は遮蔽板 5 によって遮られるため、これも運転者の目に直接入ることはない。照明光 8 のうちで直接に道路面や天井面に向かう光も、それぞれ道路面や天井面を照らす照明光となり得て、有用に活用され得る。

蛍光灯 3 及び蛍光灯灯具 4 を含む光源部は、家庭やオフィスで使用されている一般的な灯具が使用して構成できるが、トンネル内の清掃時に水が入らないように、防水対策を施すことが好ましい。例えば、蛍光灯 3 と蛍光灯灯具 4 とをトンネル 6 の天井面 7 に埋め込み、透明なカバーで覆うことによって、光源部を構成してもよい。

次に、ホログラム 2 が仮想表示面 10 に再生像 11 を形成する原理を、その作製方法に関連付けて説明する。

まず、図10を用いて、簡単にホログラム2の作製方法を説明する。

図10は、ホログラム2の作製光学系を示す斜視図であり、12はスリット、13は被写体である制限速度表示道路標識のパターンマスク、14は物体光、1

5は入射平面、16は参照光、17はホログラム乾板である。通常は、作製光学系は光学定板上に配置されるために、図10に示した光学系を90度横に寝かせた水平配置を取るが、ここでは、光学式表示装置の動作時の配置に合わせて、垂直配置を図示している。また、実際には、カラー3原色に対応するように複数の異なるパターンを有するパターンマスクを使用し、露光用のレーザ波長や光学系配置を適宜切り替えることでホログラムの作製が行われるが、ここでは簡便のため、一つのパターンマスク13を有する構成について説明する。

ホログラム2の作製方法は、以下に示す通りである。

まず、図示されていないすりガラスを透過して拡散光となった波長514.5 nmのアルゴンレーザ光をスリット12に入射させ、これを通過した光でパターンマスク13の情報を読み取ることにより、物体光14を形成する。本構成は、再生像を浮き上がらせて見せるためのものであり、パターンマスク13は、スリット12の側から見て表向きとなるように設置されている。なお、使用するスリットは、例えば幅が約1.5 mmで、長さは約40 mmである。

スリット12の長手方向に垂直な面として一意に定義される入射平面15の上には、前記のアルゴンレーザを発した略平行光である参照光16を、入射させる。ここでは、反射ホログラムを形成するため、参照光16はホログラム乾板17の裏面から15度の角度をなすように入射させる。なお、参照光16が入射平面15の上に入射することは、必ずしも必要ではないが、ここでは、より好ましい形態として、入射平面15の上に参照光16が入射する構成を描いている。

以上により、物体光14と参照光16とは干渉縞を形成し、ホログラム乾板17にこの干渉縞が記録される。一般に、ホログラム乾板17の構成材料としては、銀塩、重クロム酸ゼラチン、光重合型フォトリソマなどが用いられる。例えば、厚さ約20 μ mのドライフィルムタイプの光重合型フォトリソマをガラス基板に貼り付けて、ホログラム乾板17を構成する。

次に、ホログラム2の作製方法について、さらに詳細に述べる。

図11A及び図11Bは、図10に示したホログラムの作製光学系の側面図及び平面図をそれぞれ示す。なお、18はすりガラス、19はレーザ光、20は拡散光である。

5 図11Aに図示されるように、すりガラス18に入射したレーザ光19は、拡散光20となってスリット12に入射する。側面から見たスリット12は幅が狭く、拡散光20の一部しか通過させない。従って、これを通過した光は、側面から見るとあたかも一点から発した拡がり光に類似して見える。この光がパターンマスク13の情報を読み取り、ホログラム乾板17の上に物体光14として照射されるが、これは、パターンマスク13のホログラム乾板17への投影と見ること
10 ができる。被写体の情報を含むこの物体光14は、ホログラム乾板17の裏面から入射する参照光16との間で干渉縞を形成し、ホログラム乾板17にこの干渉縞が記録される。

このとき、ホログラム乾板17に投影されるパターンマスク13の「影」は拡大されているので、予めこの投影倍率を考慮して、パターンマスク13は一方向
15 に縮小して作製されている。この倍率は光学系の設定によって異なるが、通常は約1.2倍～約2倍である。

より具体的に述べると、本来のパターンマスク13の高さを H_m とし、観察位置OPから実際に見える像の高さを H_i とすれば、その倍率は、図12の幾何学的関係から、

20
$$H_i = H_m (1 - z_0 / L') / (1 - z_0 / L)$$

と表される。ここで、 z_0 はホログラム乾板17から像（パターンマスク13）までの距離、 L はホログラム作製時のホログラム乾板17からスリット12までの距離、 L' はホログラム乾板17から観察位置OPまでの距離である。これからわかるように、 $L = L'$ のときには倍率は1であり、スリット12が置かれて
25 いた位置から観察する場合には、拡大縮小作用は生じない。一方、距離 L' が変化する場合、つまりスリット12が置かれていた位置から移動して広い範囲から

観察する場合には、拡大縮小作用が生じる。

この関係を、規格化観察距離 (L' / L) と規格化像高さ (H_i / H_m) との関係として、 L / z_0 をパラメータにして図 13 に示す。これより、広い範囲から観察する場合の倍率の変化を少なくするには、 L / z_0 の値を大きくとれば良い。好ましくは、 $L / z_0 = 10$ 以上とすることによって、広い範囲から観察しても倍率を 1.1 以下 (すなわち、10% 以下の形状変化) に抑えることができる。

さらに好ましくは、 L / z_0 の値を実質上無限大に選ぶことができれば、倍率の変化を理論上無くすることができる。定義に戻って考えて見ると、 L / z_0 の値を実質上無限大に選ぶということは、 $z_0 = 0$ の場合を除けば、スリット 12 からホログラム 17 に引いた直線が傾きを持たないということに対応する。従って、図 14 に示すように、ホログラム 17 の高さ方向には光の拡散効果を持たずホログラム 17 の幅方向にのみ光の拡散効果を有する 1 次元ディフューザ 1001 で、スリット 12 及びすりガラス 18 を置き換えればよい。このようなディフューザ 1001 としては、回折格子を用いた構成やホログラフィックに作製されている構成など、幾つもの構成例があり、例えば、円筒レンズが配列された構成を有するレンチキュラーレンズシートを用いても良い。

ここで再び、スリット 12 とすりガラス 18 とを用いたホログラムの作製方法に戻って、説明を続ける。

図 11B の平面図に示されるように、上方から見たスリット 12 の幅は広く、すりガラス 18 を発した拡散光 20 を広い範囲にわたって通過させる。図 11B では、スリット 12 の中央部を通過した拡散光を実線で、またスリット 12 の両端部を通過した拡散光を破線で示している。実線で示された拡散光は、パターンマスク 13 を正面から見たときの情報をホログラム乾板 17 に投影し、破線で示された両拡散光は、それぞれスリット 12 の端部からパターンマスク 13 を少し斜めに見たときの情報をホログラム乾板 17 に投影する。これらの情報を含んだ

物体光 1 4 は、ホログラム乾板 1 7 の裏面から入射する参照光 1 6 との間で干渉縞を形成し、ホログラム乾板 1 7 にこの干渉縞が記録される。これは、後にホログラムを再生するときに、観察者の両眼に向けて異なった角度から見たパターンマスク 1 3 の再生像を形成する原理となる。

5 以上、わかりやすくするために側面図と平面図とに分けて説明を行ってきたが、実際のホログラム作製プロセスでは、上記の干渉縞の記録が同時に進行すること
言うまでもない。

続いて、本発明のホログラムの再生原理を説明する。

10 一般に、ホログラムを再生するために用いる照明光は、参照光の共役光である。
本発明のホログラムの作製プロセスでは、前述のように参照光を平行光としている
ので、照明光も平行光でよい。しかし、ホログラム作製時には、レーザ光を用
いているので容易に平行光を形成することができるが、ホログラム再生に一般に
用いられるハロゲンランプ等の白色光源から平行光を形成することは、困難であ
る。現実的には、発光部の小さな光源を選び、さらにこれに開口制限をして、こ
15 の概略点光源とみなし得る光源をホログラムから十分に距離を離して配置し、こ
れを発した略平行光とみなし得る発散光で照明することで、ホログラム再生が行
われる。本実施形態におけるホログラム 2 も、こうした手法で一応の像再生は可
能である。

20 図 1 5 A 及び図 1 5 B は、ホログラム 2 の再生原理を示す側面図及び平面図で
ある。2 1 はハロゲンランプ、2 2 は開口、2 3 は照明光、2 4 は再生光、2 5
は観察者、2 6 はスリット 1 2 の再生像である。

25 ハロゲンランプ 2 1 を発した光は開口 2 2 によって絞られ、略平行光とみなし
得る照明光 2 3 が形成される。この照明光 2 3 がホログラム 2 によって回折され
て形成された再生光 2 4 は、仮想表示面 1 0、即ちホログラム作製時にパターン
マスク 1 3 が置かれていた位置の近傍にその再生像 1 1 を形成し、観察者 2 5 に
は、再生像 1 1 がホログラム面から浮き上がって見える。

観察の結果、再生像 1 1 が観察可能な水平方向の視認角は約 8 度あり、これは、実際の道路において自動車が車線変更（即ち左右 6 m 程度の移動）を行ったとしても、50～100 m 離れた位置から見れば、本発明の光学式表示装置 1 による表示が認識できることを意味している。しかし、垂直方向の視認角度は約 1 度と
5 小く、これは、高速で進行中の自動車から標識を認識できる区間或いは時間が、必ずしも十分に確保できないことを意味する。

また、この再生像 1 1 は、スリット 1 2 の再生像 2 6 が形成される位置、即ちホログラム作製時にスリット 1 2 が置かれていた位置に観察者がいるときに、最も明るく見え、また、この近傍で、再生像 1 1 の全体を見ることができる。しかし、この位置よりもホログラム 2 に近づいた場合、或いはホログラム 2 から遠ざ
10 かった場合には、像の一部しか見えない。

以上の観察結果より、点光源を使用した再生では、再生像は得られるものの、実用的なトンネル用道路標識を構成することが極めて困難である。

そこで、本願発明者は、光源とホログラムとの配置関係や照明光とホログラムとの相互作用などに関する検討をさらに継続し、さらに詳細な再生像の観察を行った結果、上記の問題を解決し且つ本発明の光学式表示装置 1 を構成する上で極めて重要な、他には例のない実用上のメリットを見い出すに至った。

図 1 6 A 及び図 1 6 B には、前記の再生像観察の過程で使用した開口 2 2 のうち、特徴的な 2 つの形状を示す。

観察の結果、図 1 6 A のように開口 2 2 の幅を水平方向に広げると、ホログラム 2 の再生像はぼけるが、図 1 6 B のように垂直方向に開口 2 2 の長さを伸ばしても、ホログラム 2 の再生像はぼけなかった。しかも、開口 2 2 の長さを伸ばすにつれて垂直方向の視認範囲が拡大し、且つその視認範囲で、再生像の色が変わらないということが確認された。つまり、観察者には、垂直方向の視認範囲内で
20 常にボケのない同じ色の像が観察される。これは、ホログラム 2 を反射型で構成
25 したことによる著しい効果である。

また、垂直方向に長い開口 2 2 を用いると、スリット 1 2 の再生像 2 6 が形成される位置よりも観察者がホログラム 2 に近づいた場合、或いはホログラム 2 から遠ざかった場合にも、再生像の全体が観察できる。つまり、観察者には、像からの位置をその奥行き方向に変えても、ボケのない同じ色の像の全体が、その一部が欠けることなく見える。

なお、ここで「色がかわらない」という表現を用いているが、厳密に言うと、再生波長は変化している。しかし、後述するように、ホログラムのパラメータを適切に選択することで、人の目にはわからないほどの波長変化に抑えることができる。

以上の観察結果は、本発明によるホログラム 2 と垂直方向に長い開口 2 2 の組み合わせ構成をとることで、前述した問題が全て解決し、実用的なトンネル用道路標識を構成できることを意味している。

本発明の第 1 の実施形態では、図 8 に示したように、光源として直管蛍光灯 3 を使用している。この直管蛍光灯 3 による再生でも、ボケがなく色の変化がない明るい再生像が得られている。また、ホログラム 2 を上下方向から覗くようにして観察しても、常にボケのない再生像が確認できる。所定の条件下で蛍光灯 3 をホログラム 2 に少し近づけると、垂直方向の視認角度が ± 5 度に達することがあり、これは、高速で進行中の自動車から標識を認識できる区間及び時間が、十分に大きくとれることを示唆する。また、ホログラム 2 からの距離が変わっても再生像が欠けることがなく、光学式表示装置 1 の十分手前から再生像が見える。

なお、ホログラムの作製プロセスにおいて、参照光 1 6 を入射平面 1 5 の上に入射させているが、これに限られるものではない。また、像再生において、蛍光灯を入射平面 1 5 の上に配置しているが、これに限られるものではない。本発明によれば、参照光の入射方向並びに線状光源の配置と方向とには、裕度がある。

また、1 次元ディフューザ 1 0 0 1 を用いたホログラムの作製方法については、拡散光が広がる方向に対して直交する面として、入射平面を定義することができ

る。参照光は、その入射平面上で入射させるのが基本的な構成であるが、これに限られるものではない。また、像再生において、蛍光灯を入射平面上に配置するのが基本的な構成であるが、これに限られるものではない。

5 (第2の実施形態)

第1の実施形態では、線状光源である蛍光灯3を水平に配置したが、この蛍光灯3の設置条件は、基本的に入射平面15の上或いはその近傍に置かれる限り、その方位は問わない。

10 図17Aは、本発明の光学式表示装置の再生光学系を斜視図として示したものであるが、図示する水平配置或いは垂直配置の何れも可能であるとともに、その中間の任意の角度での設置が可能である。但し、その設置方向によって、垂直方向の視認角度範囲は変化する。

図17B及び図17Cは、同じ長さの蛍光灯27を水平配置した場合及び垂直配置した場合の、視認角度範囲の比較図である。

15 図17Bの水平配置の場合、蛍光灯27の右端を発した照明光28は、ホログラム2によって回折されて再生像29を形成し、この再生像29は観察者30によって認識される。一方、蛍光灯27の左端を発した照明光31は、ホログラム2によって回折されて再生像32を形成し、この再生像32は観察者33によって認識される。この観察者30の位置と観察者33の位置とがホログラム2に対してなす角度が、水平配置時の視認角度範囲となる。

20 また、図17Cの垂直配置の場合、実線で示される蛍光灯27の下端を発した照明光34は、ホログラム2によって回折されて再生像35を形成し、この再生像35は観察者36によって認識される。一方、蛍光灯27の上端を発した照明光37は、ホログラム2によって回折されて再生像38を形成し、この再生像38は観察者39によって認識される。この観察者36の位置と観察者39の位置とがホログラム2に対してなす角度が、垂直配置時の視認角度範囲となる。

水平配置の場合と垂直配置の場合とを比較すれば、垂直配置の方が視認角度を広く取れることがわかる。見方を変えれば、垂直配置に近い構成を取ることで、より短い蛍光灯を使用することが可能となる。厳密には、再生用照明光の光路に蛍光灯を垂直に配置するのが、より好ましい。

5 図18は、本発明の第2の実施形態における光学式表示装置の構成を示す側面図である。この実施形態でも、本発明の光学式表示装置は、トンネル内の道路標識として用いられている。

10 図18において、40は本実施形態の光学式表示装置、41は線状光源である蛍光灯、42は蛍光灯灯具、43は反射板である。光学式表示装置40は、トンネル6の天井面7に配置されている。

15 蛍光灯41を発した直接光と反射板43で一旦反射された間接光とが合成されて、照明光44が形成される。この反射板43の効果によって、一層明るい表示が可能になる。照明光44のうちでホログラム2に入射するものは、これによって回折されて再生光45となり、仮想表示面10に再生像11が形成される。このとき、正面から見た再生像11は、トンネル6の内部を通行中の車から見ると、制限速度表示の道路標識があたかもトンネル6の天井面7から離れて下がった位置に吊り下げられているかのように見えることになる。しかし、これは仮想表示面10の上での表示（再生像11）であり、現実的にその箇所には何も物体は存在しない。従って、車との接触事故などは全く起こり得ない。

20 なお、仮想表示面10は、空間内に仮想的に設けられた平面または曲面である。また、ホログラム2の表面からの反射光は、路面に向かう方向（この方向の反射光は図18に図示されている）、或いは天井面7に向かう方向（この方向の反射光は図18に図示されていない）に偏向させることができるため、運転者の目に直接入ることはない。むしろ、これらの反射光は、それぞれ道路面や天井面を照らす照明光となり得て、有用に活用され得る。

25

また、蛍光灯41からの照明光44の一部は、蛍光灯灯具42や反射板43に

よって遮られるため、これも運転者の目に直接入ることはない。照明光 44 のうちで直接に道路面や天井面に向かう光も、それぞれ道路面や天井面を照らす照明光となり得て、有用に活用され得る。

5 蛍光灯 41 及び蛍光灯灯具 42 を含む光源部は、家庭やオフィスで使用されている一般的な灯具が使用して構成できるが、トンネル内の清掃時に水が入らないように、防水対策を施すことが好ましい。例えば、蛍光灯 41 と蛍光灯灯具 42 とを透明なカバーで覆うことによって、光源部を構成してもよい。

(第 3 の実施形態)

10 前述の視認角度範囲が蛍光灯の長さとその配置方向とに依存するという特性を利用すると、意図的に視認範囲を制限することができる。例えば、図 19 に示すように道路標識がその 100 m 手前から見え始め且つ 50 m 手前で見えなくなるような構成を、蛍光灯の長さ及び配置方向の適切な設定によって実現することができる。

15 なお、この構成は、本明細書に述べられている何れの実施形態における本発明の光学式表示装置においても、実施可能である。

(第 4 の実施形態)

20 図 20 は、蛍光灯 46 の設置位置が入射平面 15 から離れている場合の本発明の光学式表示装置の平面図である。

色変化と水平方向の視認角度範囲の減少とが僅かに伴うが、このような場合でも、再生像 48 は良好に認識できる。但し、このときは、図 20 に示すように、蛍光灯 46 が入射平面 15 から移動した方向と反対側に移動した位置から、観察者 49 は観察しなければならない。これは、照明光 47 がホログラム 2 に対して斜めに入射し、これによって、再生像 48 も入射平面 15 から離れた位置に結像するためである。光学式表示装置の設置場所の制約等の理由により蛍光灯 46 を

入射平面15上に設置することが困難な場合、前記のような配置を積極的に利用して表示を行うとよい。もちろん、意図的にこのような再生配置を考慮してホログラムを作製することが可能なことは、言うまでもない。

5 なお、この構成は、本明細書に述べられている何れの実施形態における本発明の光学式表示装置においても、実施可能である。

(第5の実施形態)

10 これまでは、一つのパターンマスクに対するプロセスと、これにより作製されたホログラムの再生のみ記述してきた。単色表示の場合はこれでよいが、カラー表示を行う場合は、表示するカラーに対応する異なったパターンマスクを用いてホログラムを作製し、これを積層することでカラー表示を実現する。

15 図21Aは、カラー3原色に対応する3枚の露光用パターンマスクである。これらのパターンマスクを被写体として使用して、それぞれR、G、B単色のホログラムを作製する。図21Bは、作製されたホログラムを3枚重ねたときの再生像の様子である。また、図21Cは、作製されたホログラムを一枚の基板の上に積層した様子を示すものである。

20 本発明の実施形態で述べているホログラムの有用な特性、即ち上下方向の開口制限幅を広げてもその視認範囲で再生像の色が変わらないという特性は、各々のカラーに対して成立する。従って、積層されたホログラムのカラー再生像の色は、その視認範囲で変わらない（厳密に言うと再生波長はわずかに変化しているが、人間の目には大きな色変化としては認識されない）。再生像の中心位置における再生波長の変化は、図22に、参照光の入射角度 θ に対する波長シフト比（ $\Delta\lambda_R/\Delta\lambda_T$ ）として示すように、各色のホログラム作製時に設定した参照光の入射角度 θ に依存する。即ち、参照光の入射角度 θ が大きくなれば、色変化も大きくなる。しかし、例えば参照光の入射角度 $\theta = 30$ 度の場合を例にとると、標識として要求される視認角度 ± 2 度の範囲での色変化（波長変化）は約4 nmであ

り、ほとんど人間の目で検知できるような色の変化ではない。従って、通常に用いられる参照光の入射角度 $\theta = 45$ 度以下においては、再生像は単色として認知される。

5 なお、図 2 2 に示す波長シフト比 ($\Delta \lambda R / \Delta \lambda T$) とは、従来のレインボウホログラムのような透過型構成における波長シフト量 $\Delta \lambda T$ に対する、反射型ホログラムである本発明の構成における波長シフト量 $\Delta \lambda R$ の比率を示す。

10 さらに厳密に言うと、再生像内にも色分布が存在し、参照光の入射角度 θ が大きくなれば、その色分布も大きくなる。この関係は、図 2 3 に、参照光角度と再生波長幅との関係として示されている。ここで、 H はホログラムの高さを示している。図 2 3 より、パラメータ L/H を大きな値に選ぶことで、通常用いられる参照光角度 45 度以下の範囲においては、色分布を、認識できないレベルまで小さくすることができる。

15 また、この再生像内の色分布は、観察する位置によっても変化する。即ち、観察する位置が遠くに行けば行くほど、色変化も大きくなる。この関係は、図 2 4 に、規格化観察位置と再生波長幅との関係として示されている。これより、パラメータ L/H を適切に選ぶことで、色分布を、認識できないレベルまで小さくすることができる。

20 さらに好ましくは、 L/H の値を実質上無限大に選ぶことができれば、倍率の変化を理論上無くすることができる。定義に戻って考えて見ると、 L/H の値を実質上無限大に選ぶということは、スリットからホログラムに引いた直線が傾きを持たないということに対応する。従って、ホログラムの高さ方向には光の拡散効果を持たずホログラムの幅方向にのみ光の拡散効果を有する 1 次元ディフューザで、スリット及びすりガラスを置き換えればよい。このようなディフューザとしては、回折格子を用いた構成やホログラフィックに作製されている構成など、
25 幾つもの構成例があり、例えば、円筒レンズが配列された構成を有するレンチキュラーレンズシートを用いても良い。

なお、このような場合の露光光学系の構成は、図 1 4 を参照して説明した通りである。

上記で説明した本実施形態の構成は、本明細書に述べられている何れの実施形態における本発明の光学式表示装置においても、実施可能である。

5

(第 6 の実施形態)

図 2 5 A ~ 図 2 5 C に示すように、本発明のホログラム 2 は、曲げたり、丸めたり、折り畳んだりすることができる可撓性基板に積層することも、可能である。

10

前記したホログラム 2 の作製プロセスにおいて、ドライフィルムタイプのフォトポリマをガラス基板に貼り付けることでホログラム乾板を形成したが、プロセス後には、ホログラム像が記録されたこのフォトポリマは、ガラス基板からはがして別の基板に貼り替えることが可能である。プラスチックフィルム、紙、布など、またこれに限らない他の可撓性基板に貼り替えられた本発明のホログラム 2 は、図 2 5 A ~ 図 2 5 C に示すように、曲げたり、丸めたり、折り畳んだりすることができる。こうすることで、不要時に表示装置のコンパクトな収納が可能になり、また、容易に持ち運ぶことが可能となる。

15

20

また、このときに、光源は持ち運ぶ必要がない。なぜなら、蛍光灯が使用されている場所を見つけるのは極めて容易であり、一般の家庭、オフィス、駅、電車、エレベータ等で用いられている蛍光灯の近傍でホログラムを広げるだけで、簡単に再生像を得ることができる。このため、本発明のホログラムは、広告、案内表示、看板等として、或いはこれ以外の様々な用途で、有効に利用可能である。また、設置方法も、壁面に押しピンやテープ等のありふれた手段を用いて貼り付けるだけで十分である。以上に述べたような形態がとれるのは、本発明では、最も普及している光源と言える蛍光灯で、ホログラムの再生像表示ができるためである。

25

また、複数枚のホログラムを重ねることで、ファイル或いは本の様な形態に構

成することも可能である。この場合には、蛍光灯の下で一枚一枚ページをめくるように再生像を見ることができ、商品のカタログ、絵本、地図等として、或いはこれ以外の様々な用途で、有効に利用可能である。

さらに、図 2 5 D に示したようなループ状の可撓性基板に像を記録し、これを
5 ロールで動かすことで連続した画像の再生ができる。また、図 2 5 E に示すような巻取り式の形態を取ってもよい。

上記で説明した可撓性基板にホログラムを積層する本実施形態の構成は、本明
細書に述べられている何れの実施形態における本発明の光学式表示装置において
も、実施可能である。

(第 7 の実施形態)

一般に露光用レーザとして使用されるレーザは、アルゴンレーザ或いはクリプトンレーザであり、それぞれ 4 8 8 n m、5 1 4 . 5 n m と 6 4 7 . 1 n m が、
主要発振波長である。この 3 つの波長で露光を行えば、その波長でのカラー再生
15 表示が可能であるが、例えば人間の目の視感度が最も高い 5 5 0 n m での緑色の表示を行いたい場合や、5 7 0 n m 近傍の黄色を表示したい場合など、レーザの発振波長以外の色の再生表示を行うときには、一般には次のようなプロセスが必要となる。

ホログラム材料として銀塩を使用した場合は、5 1 4 . 5 n m のアルゴンレー
20 ザで露光後に、サンプルを適切な溶液に浸してホログラムの周期構造の間隔を広げ、5 5 0 n m 或いは 5 7 0 n m に再生波長をシフトする。また、ドライフィルム型のフォトリソマの場合、同じく 5 1 4 . 5 n m のアルゴンレーザで露光したサンプルを UV 光による全面照射の後、カラーチューニングフィルムをこれに積層して、熱処理が施される。カラーチューニングフィルムからフォトリソマ側に、
25 これを膨潤させる物質が移動することで、周期構造の間隔が広がり、5 5 0 n m 或いは 5 7 0 n m に再生波長がシフトされる。このような方法は、いずれにして

もレーザ露光後に付加的なプロセスを施す必要があり、生産効率の向上という観点から見て好ましくない。

これに対して、本発明の光学式表示装置のホログラムでは、レーザ露光時に参照光と物体光とを適切な角度でホログラム乾板に入射させるように設定することで、その後の付加的なプロセスを経ることなく、再生色のシフトが可能となる。

図26は、レーザ発振波長以外の色で再生表示を行うホログラムの作製光学系の側面図を示している。図15Aに示した光学系とは異なり、ホログラム乾板50は、物体光の光軸に対して θ_{obj} なる角度で傾いて配置されている。また、被写体であるパターンマスク51も、同様に θ_{obj} なる角度で傾いて配置されている。このパターンマスク51は、前記したパターンマスク13よりもさらに一方

10 向に縮小して作製されている。厳密に言うと、その縮小率は一様ではなく、パターンマスク51の位置によって連続的に変化する縮小率を持って作製されている。一方、参照光52は、ホログラム乾板50の裏面より θ_{ref} なる角度で入射するように、構成されている。

15 このような作製光学系を用いて、例えば波長 $\lambda = 514.5 \text{ nm}$ のレーザ光で露光を行うとき、物体光角度 θ_{obj} を -25.3° 及び参照光角度 θ_{ref} を 42.1° とすることで、再生時には、ホログラム乾板の正面に波長 $\lambda_E = 550 \text{ nm}$ の明るい緑色の再生像が観察できる。このとき、波長 550 nm の照明光の入射角度は 15° となっている。

20 また、同じく波長 $\lambda = 514.5 \text{ nm}$ のレーザ光で露光を行うとき、物体光角度 θ_{obj} を -33.1° 及び参照光角度 θ_{ref} を 51.2° とすることで、再生時には、ホログラム乾板の正面に波長 $\lambda_E = 570 \text{ nm}$ の明るい黄色の再生像が観察できる。このとき、波長 570 nm の照明光の入射角度も 15° となっている。

なお、上記の角度は、

25
$$\theta_{RE} = \sin^{-1} [n \sin \{ (\theta_0 + \theta_R) / 2 + \pi - \phi \}]$$

$$\theta_{OE} = \sin^{-1} [n \sin \{ (\theta_0 + \theta_R) / 2 + \phi \}]$$

という関係式から求められる。ここで、 θ_{RE} 及び θ_{OE} は、それぞれ表示させたい波長における照明光及び再生光の入射角度である。 π は円周率、 n はホログラム材料の平均屈折率であり、ここでは $n = 1.52$ として計算を行った。また、 θ_R 、 θ_0 、 ϕ は、それぞれ、

$$\begin{aligned} \theta_0 &= \sin^{-1} (\sin \theta_{obj} / n) \\ \theta_R &= \sin^{-1} (\sin \theta_{ref} / n) - \pi \\ \phi &= \sin^{-1} [\lambda \sin \{ (\theta_0 - \theta_R) / 2 \} / \lambda_E] \end{aligned}$$

で表されるパラメータである。

このようにして、所望の再生波長を示すように作製されたホログラムを用いれば、連続した発光分布を持つ光源、例えば白色蛍光灯との組み合わせにより、任意の中間色を表示することができる。また、RGB 3色に対応する3つの発光ピークを持つ光源、例えば3波長型の蛍光灯との組み合わせにより、光利用効率の高い明るい再生像の表示が可能になる。

上記で説明した実施形態の構成は、本明細書に述べられている何れの実施形態における本発明の光学式表示装置においても、実施可能である。

(第8の実施形態)

本発明の第5の実施形態の説明の中で既に述べたように、垂直方向に観察者の視野を移動するとき、再生波長はわずかに変化している。ホログラム作製時に物体光が正面から入射すると仮定すると、この色変化の程度は設定した参照光の入射角度 θ に依存し、 θ が大きくなれば色変化も大きくなる。例えば、 θ が45度を超える場合、標識として要求される視認角度 ± 2 度の範囲で、6 nm以上の再生波長変化が再生像の中心において生じ、色相変化の大きいところでは、人の目にもわずかに色が変わることが認識される。また、像内部での色分布も、顕著

これを抑制するためにパラメータ L/H を最適に選んでホログラムを作製する

方法については、第5の実施形態の説明の中で既に述べたが、本発明の光学式表示装置のホログラムでは、作製後に色変化を最小に抑えることのできるホログラムの設定角度が存在する。その設定角は、照明光と物体光のなす角度の概略1/2の角度であって、厳密には、

5
$$\theta_{ac} = \sin^{-1} [n \sin \{ (\theta_0 + \theta_R + \pi) / 2 \}]$$

という関係式を満たす角度である。

例えば、露光波長を514.5nmとし、参照光の入射角度 $\theta_{ref} = 45^\circ$ 及び物体光の入射角度が 0° のとき、上式より、 $\theta_{ac} = 21.4^\circ$ となる。このとき、標識として要求される視認角度 ± 2 度の範囲で、約0.2nmの再生波長変化しかなく、色の変化は認識されることはない。また、再生像内部での色分布も、
10 極めて小さく抑えられる。なお、このとき、わずかに長波長側に再生波長がシフトするので、これを見込んだ作製光学系の設定を行うことが好ましい。

図27Aは、ホログラムの設置角度を θ_{ac} に近くした場合の設置状況を示し、図27Bは、比較のために通常の設置状況を示す。

15 図27Aの様にホログラム53の設置角度を θ_{ac} に限りなく近づけていくと、照明光54の光路と再生光55の光路とが接近する。このため、現実的には、設置角度を、 θ_{ac} にできる限り近く、且つ再生像を見ようとする観察者56が照明光54を遮らないような角度として、ホログラムを設置することが好ましい。或いは、第4の実施形態で述べたように、図示されていない照明用線状光源をわず
20 かに左右に移動し、照明光54と観察者56とが重ならないようにするとより好ましい。

上記で説明した本実施形態の構成は、本明細書に述べられている何れの実施形態における本発明の光学式表示装置においても、実施可能である。

25 (第9の実施形態)

ホログラムのサイズを大きくすれば、仮想表示面及び再生像のサイズを大きく

できる。しかし、ホログラム作製光学系で通常実現されている露光面積は $\phi 300\text{ mm}$ から $\phi 400\text{ mm}$ 程度であり、再生像のサイズは、この大きさが限界となる。これを超えて大きな露光面積を実現することは不可能ではないが、

(1) レンズ、ミラー等の光学部品の作製が困難で高コストである

5 (2) レーザビームが極端に広げられたことにより光強度が低下する

(3) 上記(2)に伴って露光時間が増大する

(4) 上記(3)に起因して露光条件が不安定化する(空気の揺らぎ、振動、
レーザの安定性等の悪影響が確率的に高まる)

10 などの問題点が生じる。これらの困難な課題を回避するために、本発明の光学式表示装置では、より安定な条件で作製可能な小型の要素ホログラムを準備し、この要素ホログラムをちょうどタイルを貼るように組み合わせることで、大型サイズのホログラムを形成する。

15 図28は、1m角のホログラムを構成した例である。ここでは、25cm角の要素ホログラム16枚を4×4のマトリックス状に配置して、1m角を実現している。各要素ホログラムは、被写体である約1m角のパターンマスクを縦横それぞれ4等分に分割し、この分割された要素マスクを用いて作製されたものである。25cmサイズの露光において、上記の困難な課題は発生しない。

上記で説明した本実施形態の構成は、本明細書に述べられている何れの実施形態における本発明の光学式表示装置においても、実施可能である。

20

(第10の実施形態)

25 本発明の光学式表示装置における従来の装置には見られない特長は、これまで各実施形態として基本的構成を示してきた光学式表示装置を新たに一つの表示ユニットとし、これを配置面上に複数個配置することで、各ユニットからの再生像を仮想表示面上で合成表示することができるという点である。例えば、観察者から見て表示ユニットが左右に並んで配置される場合、それぞれの再生像を仮想表

示面上で合成することで、表示幅を左右に広げることができる。

図 2 9 A 及び図 2 9 B は、表示ユニット 5 7 を 3 つ左右に並べて構成した光学式表示装置の一例の正面図及び側面図である。

5 蛍光灯 5 8 により再生されるホログラム再生像 5 9 は、各表示ユニットごとに異なり、それぞれの表示ユニットで「A」「B」及び「C」の各文字を一つずつ再生表示するように構成されている。図示したように各表示ユニットを左右に近接して配置したとき、各文字が並んで一つの言葉として認識できるようになる。

各ユニットの間には遮蔽板 6 0 を配置し、各ユニットの蛍光灯が他のユニットのホログラムを再生しないようにすることが望ましい。

10

(第 1 1 の実施形態)

表示される情報が図 2 9 A のような文字列であれば、文字間に若干の隙間があっても、全く問題なく情報は観察者に伝わる。しかし、表示される情報が図形である場合、その中に隙間ができるということは好ましくなく、場合によってはその隙間自体が一つの情報として認知され、結果的に本来伝えられるべき情報と異なる情報として観察者が認識してしまう可能性がある。第 1 0 の実施形態の構成の場合、各表示ユニットのホログラムを完全に密着して配置したとしても、蛍光灯を基本位置に配置した場合は、各ホログラムからの再生像は仮想表示面上で離れた位置に再生され、上記の課題が発生する。

15

20

このような課題を解決するために、本実施形態では、本発明の第 4 の実施形態で述べた手法を用いる。即ち、蛍光灯のオフセット配置による再生像の結像位置のシフトを積極的に利用することで、像のつなぎ目のない大きな合成再生像を構成する。

25

図 3 0 A 及び図 3 0 B は、表示ユニットを 3 つ左右に並べて一つの大きなパターンを表示する光学式表示装置の一例を示す図であり、それぞれ、分割された再生像及び継ぎ目なく合成された再生像を示す。

各表示ユニットは、図 30 A に示されたような個々の再生像を表示するように構成されている。各ユニットを左右に並べて配置し、破線で示された左側の表示ユニット 61 の蛍光灯 62 を左に移動させると、再生像 63 は右側に移動し、中央に置かれた表示ユニット 64 の再生像 65 に隙間なく並んで表示されるようになる。同様に、右側の表示ユニット 66 の蛍光灯 67 を右に移動させると、再生像 68 は左側に移動し、中央に置かれた表示ユニット 64 の再生像 65 に隙間なく並んで表示されるようになる。

上記したように、本発明によれば、再生像を隙間なくつなぎ合わせることができ、これにより大きなパターンの表示が可能になる。

(第 12 の実施形態)

本発明の光学式表示装置の特徴を十分に発現する構成は、観察者から見た再生像の奥行き方向に表示ユニットを複数配置し、それぞれのホログラムからの再生像を仮想表示面上で合成する構成である。

図 31 A は、本発明の第 12 の実施形態における光学式表示装置の構成を示す側面図である。この実施形態では、本発明の光学式表示装置が、トンネル内の道路標識として用いられている。具体的には、69 は本実施形態の光学式表示装置、70～72 は表示ユニット、73～75 はホログラム、76～78 は線状光源である蛍光灯を示している。表示ユニット 70～72 は、トンネル 79 の天井面 80 に並んで配置されている。

以上のように構成された光学式表示装置 69 について、以下にその動作を説明する。

まず、ホログラム 73、74、75 には、図 31 B に示すような制限速度を表す道路標識の原画パターン 81 がそれぞれ分割されて、本発明の第 1 の実施形態で述べたような手法で記録されている。即ち、図 31 C に示すように、ホログラム 73 には原画パターン 81 を分割して得られる下部約 $1/3$ の要素パターン 8

2が記録されており、ホログラム74には中央部約1/3の要素パターン83が記録されており、ホログラム75には上部約1/3の要素パターン84が記録されている。なお、各ホログラムの作製光学系において、要素パターンのパターンマスクとホログラム乾板とをそれぞれ異なる距離に配置することで、各ホログラムが作製されている。

図31Aに示したように、蛍光灯76によるホログラム73の再生像85は、仮想表示面86の近傍に形成されるように構成されている。同様に、蛍光灯77によるホログラム74の再生像87は仮想表示面88の近傍に形成されるように、また蛍光灯78によるホログラム75の再生像89は仮想表示面90の近傍に形成されるように、それぞれ構成されている。このとき、正面から見た再生像85、87、89は、図31Dに示すように一つの像として合成されるため、これをトンネル79の内部を通行中の車から見ると、制限速度表示の道路標識か、あたかもトンネル79の天井面80から吊り下げられているかのように見える。しかし、これは仮想表示面上での表示であり、現実的にその表示面には何も物体は存在しないので、車との接触事故などは全く起こり得ない。

この構成によるメリットは、配置する表示ユニットの数をNとしたときに、表示ユニットの高さをほぼ1/Nの割合で小さくできるという点である。このように極めて平坦な構造の光学式表示装置によってトンネル掘削の断面積を削減することができ、これによる建築コストの削減効果は大きい。

(第13の実施形態)

図32は、本実施形態における光学式表示装置の斜視図である。これは、トンネル内の非常用電話の位置を表示するために構成された例であり、91は蛍光灯、92はホログラムユニット、93は非常用電話である。

このホログラムユニット92は、図33に示すような構造を有している。具体的には、94は第1ホログラム、95は第2ホログラム、96は表示板であり、

第1プログラム94はプログラムユニット92の第1面97の側に、また第2プログラム95はプログラムユニット92の第2面98の側に、それぞれ再生像を形成するよう構成されている。第1プログラム94が配される表示板96の第1面99には、第1プログラム94によって再生される表示情報と同一の情報が記
5 されており、同様に、第2プログラム95が配される表示板96の第2面100には、第2プログラム95によって再生される表示情報と同一の情報が記されている。

このように構成されたプログラムユニット92は、図32に示したように、線状光源である蛍光灯91の下に配置される。この動作を説明するために、図34
10 の側面図を参照すると、蛍光灯91の領域101から発する照明光102によって、第1プログラム94の再生像103が形成される。この例では、「非常用電話」の文字が表示される。一方、蛍光灯91の領域104から発する照明光105によって、第2プログラム95の再生像106が形成され、同様に「非常用電話」の文字が表示される。従って、この光学式表示装置の両側にいる人に、それ
15 ぞれ非常用電話93の位置を明確に示すことができる。また、この例の場合、表示板96の両側に「非常用電話」の文字情報が記されており、透明なプログラム面を通じて反対側の表示を確認できる。従って、例えば蛍光灯91が点灯しない緊急の場合にも、懐中電灯などで非常用電話93の位置を確認できる。

なお、ここでは同一の情報を表示する例について説明したが、それぞれのプログラムに異なる情報を記録することで両側に異なる情報を表示することが可能であることは、言うまでもない。
20

(第14の実施形態)

図35は、本実施形態における光学式表示装置の斜視図であり、107は蛍光灯、108は第1のプログラムユニット、109は第2のプログラムユニットである。
25

このホログラムユニット108及び109は、それぞれ図36に示すような構造を有している。すなわち、110は第1ホログラム、111は第1表示板、112は第2ホログラム、113は第2表示板である。このように構成された第1及び第2のホログラムユニット108及び109は、図35に示したように、線状光源である蛍光灯107の両端近傍に配置される。

図37の平面図を用いて、本実施形態における光学式表示装置の動作を説明する。

蛍光灯107から発する照明光114によって、第1ホログラム110の再生像115が形成される。一方、蛍光灯107から発する照明光116によって、第2ホログラム112の再生像117が形成される。従って、この光学式表示装置の両側にいる人に、同一の或いは異なった情報を表示することができる。

また、第1表示板111には、第1ホログラム110の再生像115と同一の情報が記されており、もう一方の第2表示板113には、第2ホログラム112の再生像117と同一の情報が記されており、これらは、それぞれ透明なホログラム面を通じて反対側から確認できる。従って、例えば蛍光灯107が点灯しない緊急の場合にも、懐中電灯などで情報を確認することができる。

なお、ここでは、緊急時の表示のために表示板を設け、この両面に一つずつホログラムを配置する構成を説明したが、これ以外の応用において、上記機能を有する表示板が不用の場合には、ホログラムユニットを1枚のホログラムで置き換えることもできる。このホログラムは、その表面側及び裏面側から2重露光して記録された反射型ホログラムであり、両側から、同一の或いは異なった再生像を観察することができる。

(第15の実施形態)

以上の第13及び第14の実施形態では、一つの線状光源から複数のホログラムを再生する光学式表示装置の例を示したが、この再生される複数のホログラム

は、上記の例のように同一配置面に置かれる必要はない。

図38は、一つのホログラムを側壁に、及びもう一つのホログラムを天井に配置した、本実施形態における光学式表示装置の平面図である。

118は蛍光灯、119は第1ホログラム、120は第2ホログラムである。
5 蛍光灯118を発した照明光121は、第1ホログラム119の再生像122を形成し、照明光123は、第2ホログラム120の再生像124を形成する。このような再生動作が実現可能であるのは、本発明におけるホログラムが蛍光灯で再生可能であるためである。

10 このような複数のホログラムを同時に再生する光学式表示装置の構成は、この形態に限られることなく、線状光源から全方位に発せられる光を照明光として巧みに利用することで、これ以外にも種々の構成が可能になる。

15 なお、第1の実施形態では、ホログラムの作製プロセスにおいて、参照光16を入射平面15の上に入射させたが、これに限られるものではなく、あえてこの構成をとらないことも有効になる。例えば、物体光を入射平面上に入射させ、その一方で参照光を入射平面とは異なる平面上に入射させて、ホログラムを形成すると、図38に示した蛍光灯とホログラムとの配置において、左方から入る照明光に対して再生像をホログラムの正面から見るができる。また、照明光の反射光と再生像とが得られる方向が異なるため、見やすい表示が実現する。

20 (第16の実施形態)

本発明におけるホログラムの作製方法は、第1の実施形態で述べた方法に限られることはない。例えば、一旦透過ホログラムとして記録された像を再生し、これを反射型ホログラムとして記録することも、可能である。

25 図39A及び図39Bは、本実施形態におけるホログラムの作製光学系の側面図及び平面図をそれぞれ示す。

図39Aに図示されるように、すりガラス125に入射したレーザ光126は、

5 拡散光 1 2 7 となってスリット 1 2 8 に入射する。側面から見たスリット 1 2 8 は幅が狭く、拡散光 1 2 7 の一部しか通過させない。従って、これを通過した光は、側面から見るとあたかも一点から発した拡がり光に類似して見える。この光がパターンマスク 1 2 9 の情報を読み取り、ホログラム乾板 1 3 0 の上に物体光 1 3 1 として照射されるが、これは、パターンマスク 1 2 9 のホログラム乾板 1 3 0 への投影と見ることができる。被写体の情報を含むこの物体光 1 3 1 は、ホログラム乾板 1 3 0 にこれと同じ側から入射する参照光 1 3 2 との間で干渉縞を形成し、ホログラム乾板 1 3 0 にこの干渉縞が記録される。

10 このとき、ホログラム乾板 1 3 0 に投影されるパターンマスク 1 2 9 の「影」は拡大されているので、予めこの投影倍率を考慮して、パターンマスク 1 2 9 は一方向に縮小して作製されている。この倍率は光学系の設定によって異なるが、通常は約 1.2 倍～約 2 倍である。

15 一方、図 3 9 B の平面図に示されるように、上方から見たスリット 1 2 8 の幅は広く、すりガラス 1 2 5 を発した拡散光 1 2 7 を広い範囲にわたって通過させる。図 3 9 B では、スリット 1 2 8 の中央部を通過した拡散光を実線で、またスリット 1 2 8 の両端部を通過した拡散光を破線で示している。実線で示された拡散光は、パターンマスク 1 2 9 を正面から見たときの情報をホログラム乾板 1 3 0 に投影し、破線で示された両拡散光は、それぞれスリット 1 2 8 の端部からパターンマスク 1 2 9 を少し斜めに見たときの情報をホログラム乾板 1 3 0 に投影する。これらの情報を含んだ物体光 1 3 1 は、ホログラム乾板 1 3 0 に同じ側から入射する参照光 1 3 2 との間で干渉縞を形成し、ホログラム乾板 1 3 0 にこの干渉縞が記録される。これは、後にホログラムを再生するときに、観察者の両眼に向けて異なった角度から見たパターンマスク 1 2 9 の再生像を形成する原理となる。

25 以上、わかりやすくするために側面図と平面図とに分けて説明を行ってきたが、実際のホログラム作製プロセスでは、上記の干渉縞の記録が同時に進行すること

は、言うまでもない。

図40は、上記のプロセスで作製されたホログラムをマスタホログラムとし、そのマスタホログラムから反射型ホログラムを得るための光学系を表すものである。マスタホログラム133に入射させる照明光134は、このマスタホログラムを作製するときに用いた参照光132に等しい。この照明光134によってマスタホログラム133から再生光135が形成され、これが物体光となってホログラム乾板136に入射し、この裏側から入射する参照光137との間で干渉縞を形成することにより、反射型ホログラムが形成される。

以上のように、本実施形態では一旦透過型ホログラムを作製し、これをマスタホログラムとして反射型ホログラムを作製する。この方法により、反射型ホログラムを作製する光学系構成が容易になり、また、再生表示面とホログラムとの間の距離を再調整できるという利点がある。即ち、マスタホログラム作製時にパターンマスク129が置かれていた位置に再生像138が形成されるが、マスタホログラム133と再生像138との間の距離が d_1 であったのに対し、反射型ホログラム136と再生像138との間の距離は d_2 となっている。これにより、再生像のホログラム面からの浮上量を、拡大或いは縮小することができる。

(第17の実施形態)

図41は、第17の実施形態におけるホログラムの作製光学系を示している。これも、一旦透過型ホログラムを作製し、これをマスタホログラムとして反射型ホログラムを形成するプロセスである。

図41において、3次元物体である被写体139を照明光140で照射することで得られる物体光141が、これと同じ側からホログラム乾板142に入射する参照光143との間で干渉縞を形成する。これが透過ホログラムとしてホログラム乾板142に記録されて、マスタホログラム144となる。

図42において、マスタホログラム144に参照光143の共役波である照明

光 1 4 5 を入射することで、被写体 1 3 9 の再生像が得られる。ここでは、スリット 1 4 6 をマスクホログラム 1 4 4 に近接して配置し、これを通して出射してきた光を物体光 1 4 7 とし、ホログラム乾板 1 4 8 の裏側から入射する参照光 1 4 9 と間で干渉縞を形成させて、これを反射型ホログラムとしてホログラム乾板 1 4 8 に記録する。なお、1 5 0 は、被写体 1 3 9 の再生像である。

このような手法をとることにより、3次元物体、或いはホログラム面から離れた物体に対しても、ボケのない再生像を得ることができる。

(第 1 8 の実施形態)

図 4 3 は、第 1 8 の実施形態におけるホログラムの作製光学系を示している。これも、一旦透過型ホログラムを作製し、これをマスクホログラムとして反射型ホログラムを形成するプロセスである。

図 4 3 の光学系が図 4 2 の光学系と異なるのは、スリット 1 4 6 に代えて負のシリンドリカルレンズ 1 5 1 と開口 1 5 2 とを配置した点である。このシリンドリカルレンズ 1 5 1 の働きにより、再生光 1 5 3 が図中の上下方向において像を結ぶ位置をホログラム乾板 1 5 4 の上に合致させることができ、これにより、3次元物体或いはホログラム面から離れた物体に対して、シャープな再生像を得ることができる。なお、1 5 5 は、被写体 1 3 9 の再生像である。

図 4 3 では、再生像 1 5 5 がマスクホログラムとホログラム乾板との間に形成される場合を想定して、負のパワーを持つシリンドリカルレンズ 1 5 1 を使用しているが、図 4 3 において再生像 1 5 5 がホログラム乾板 1 5 4 の左側に形成される場合は、正のパワーを持つシリンドリカルレンズを使用する。

(第 1 9 の実施形態)

図 4 4 は、本発明の第 1 9 の実施形態における光学式表示装置の構成を示す側面図である。この実施形態では、本発明の光学式表示装置が、トンネル内の道路

標識として用いられている。

図44において、201は本実施形態の光学式表示装置、202はホログラムスクリーン、203はシリンドリカルレンズ、204はLED表示装置である。光学式表示装置201は、トンネル205の天井面206に配置されている。なお、図示するように、トンネル205の幅方向（図面に垂直）をx方向、長手方向をy方向、上下方向をz方向とする。

LED表示装置204に表示された画像は、シリンドリカルレンズ203によってホログラムスクリーン202の上に投影され、このホログラムスクリーン202によって回折反射された画像は、仮想表示面208の上に再生結像される。このとき、像209をトンネル205の内部を通行中の車から見ると、標識が、あたかもトンネル205の天井面206から離れて下がった位置に吊り下げられているかのように見える。しかし、これは仮想表示面208の上での表示であり、現実的にその表示面208には何も物体は存在せず、車との接触事故などは全く起こり得ない。

仮想表示面208は、空間内に仮想的に設けられた平面或いは曲面である。ホログラムスクリーン202の表面で反射する反射光は、路面に向かう方向或いは天井面206に向かう方向に偏向されて、運転者の目に直接入ることはない。これらの偏向された反射光は、それぞれ道路面や天井面を照らす照明光として、有用である。

本実施形態の光学式表示装置が上記のような機能を有する理由について、以下に説明する。

図44において、LED表示装置204に表示された画像は、シリンドリカルレンズ203によってホログラムスクリーン202の上に結像される。LED表示装置204に表示される画像は上下左右が反転しており、また、シリンドリカルレンズ203の母線は、x方向に平行に置かれている。このとき、それぞれの構成要素は、画像のz成分だけがホログラムスクリーン202の上に合焦され

るよう配置されている。言い換えると、シリンドリカルレンズ203の作用によって、前記画像に含まれている例えばx方向に延びる線や輪郭が、ホログラムスクリーン202の上で最も鮮明になるように、各構成要素が配置される。その結果、ホログラムスクリーン202の位置に通常の投射用スクリーンを置いて見ると、そこには図45に示すような、x方向に延びる線や輪郭のみが鮮明でz方向に延びる線や輪郭がぼけた像が写っていることになる。なお、図45は、円形及び正方形の像をシリンドリカルレンズ203で結像し、ホログラムスクリーン202の位置に通常の投射用スクリーンを置いたときに見える様子を、模式的に描いた図である。

次に、ホログラムスクリーン202の機能について、説明する。

図46A及び図46Bは、光学式表示装置201からホログラムスクリーン202とLED表示装置204とのみを取り出した構成の平面図及び側面図である。シリンドリカルレンズ203がない場合、ホログラムスクリーン202は、LED表示装置204の点Aを発した光を仮想表示面208の上の点Bに結像する機能を有している。

上記の機能を有するホログラムスクリーン202は、例えば図47に示す露光光学系で作製できる。すなわち、レンズ210によって集光されたレーザビーム211は、点Aの位置に置かれたピンホール212を通過して発散光となり、後にホログラムスクリーン202となるホログラム乾板213に、図中右側から入射する。一方、点Bに向かって収束するレーザビーム214は、ホログラム乾板213に、図中左側、即ち前記のレーザビーム211とは反対側から入射する。これらの2つのレーザビームの干渉パターンがホログラム乾板213に記録されることで、上記のような機能を有するホログラムスクリーン202が構成される。

シリンドリカルレンズ203が光路内に配置され、図45に示したような、画像のz成分（即ちx方向に延びる線や輪郭）のみが鮮明で画像のx成分（即ちz方向に延びる線や輪郭）がぼけた像が投影されると、ホログラムスクリーン20

2は、下記のような機能を示す。

図48A及び図48Bは、光学式表示装置201の各要素を光線がどのように進んでいくかを示す平面図及び側面図である。

まず、画像のx成分については、図48Aに示すように、シリンドリカルレンズ203の作用を受けていないため、LED表示装置204の上に表示された点Aの像がそのままホログラムスクリーン202に投影されていると考えることができる。従って、図45において点Aを発した光が点Bに結像されたのと同様に、ホログラムスクリーン202の作用により、x成分のみ（即ちz方向に延びる線や輪郭）が仮想表示面208の上にシャープに結像されることになる。

一方、画像のz成分については、上述のようにシリンドリカルレンズ203の作用によってホログラムスクリーン202の上で最も鮮明になっている。これを図示すると、図48Bのように、LED表示装置204の上に表示された点Aの像が、ホログラムスクリーン202の上の点Cに結像されている。点Cには、点Aを発してz方向に一旦広がった光がシリンドリカルレンズ203を透過した後、z成分だけがある収束角度をもって収束されている。このため、ホログラムスクリーン202によって回折反射した後は、z方向にわずかな発散角度を持つ発散光となって、仮想表示面208の上に投影される。

厳密に言うと、この発散光に含まれる各光束は、僅かに異なった波長成分を有する。つまり、表示装置の発光分布には数十nmの幅があり、ホログラムスクリーン202によって分光され、各波長ごとに異なる角度で回折反射される。

以上では、x成分とz成分とに分けて、LED表示装置204の上に表示された像がどのような経過をたどって仮想表示面208の上に投影及び結像されるかを説明してきたが、その結果として、観察者215の目にはどのように見えるかを、次に説明する。

図49A及び図49Bは、図48A及び図48Bからホログラムスクリーン202以降の光線を取り出した平面図及び側面図で、仮想表示面208から離れた

位置から見ている観察者 215 の瞳に至る光線の経路が示されている。

図 49A に示すように、観察者 215 の左右それぞれの目には、仮想表示面 208 の上の 1 点 B から光が発せられた場合と同様の光線が入射している。これは即ち、画像の x 成分が、仮想表示面 208 の上でシャープな線や輪郭となって見えていることを示す。なお、観察者 215 には、2 本の破線で示された範囲内において、上記の画像が見える。

一方、図 49B に示すように、観察者 215 の両方の目には、ホログラムスクリーン 202 の 1 点 C から発せられた場合と同様の光線が入射している。これは即ち、画像の z 成分が、ホログラムスクリーン 202 の上でシャープな線や輪郭となって見えていることを示す。なお、観察者 215 には、2 本の破線で示された範囲内において、上記の画像が見える。

上述のような x 成分と z 成分とが互いに異なった見え方をするとき、人の目には一つの画像として認識することが困難なように思えるが、実はそうではない。

一般に、人の目には水平方向の両眼視差があるために、立体感や奥行き感が認識される。ここで、両眼視差とは、一つの物体を見るときに右目と左目の視野の中で物体の像が投影される位置が異なること、或いはその位置の差を意味する。例えば、簡便のために縦に延びる長い直線を両目で見たと仮定すると、右目も左目もそれを縦に延びる長い直線であると認識できる。それと同時に、両眼視差によりその像が投影される位置がそれぞれの目で異なるため、水平方向に概略どのくらい離れた位置にその長い直線が置かれているかを、経験的に判断できる。

一方、鉛直方向に対しては、人の目は同じ高さにあるために上記のような両眼視差は発生せず、その結果として立体感や奥行き感が得られにくい。例えば、簡便のために横に延びる長い直線を両目で見たと仮定すると、右目も左目もそれを横に延びる長い直線であると認識できる。しかし、その像が投影される位置は両方の目で変わらないため、視差は生じない。従って、鉛直方向にどのくらい離れた位置にその長い直線が置かれているかということを、明確には判断できない。

例えば、高い鉄棒につかまるために飛びつこうとするときに、空を背景として左右に延びる直線として目に映る鉄棒までの距離がつかめず、少しの瞬間だけ飛びつくことを躊躇する場合が、上述のケースに相当する。

重要なことは、水平方向の両眼視差こそが、立体感や奥行き感を与える最も支配的な要素である。これに基づいて、上記した本発明の光学式表示装置の x 成分と z 成分とそれぞれの見え方を、考察する。

図 4 9 A で示したのは、観察者 2 1 5 の左右それぞれの目には、画像の x 成分のシャープな線や輪郭が、仮想表示面 2 0 8 の上において見えているという事実である。これは、上述の比喻で言うと、縦に延びる長い直線の見え方に相当する。従って、観察者 2 1 5 の左右それぞれの目には両眼視差が生じているため、画像がちょうど仮想表示面 2 0 8 の上に位置しているということが認識される。

一方、図 4 9 B に示したのは、観察者 2 1 5 の左右それぞれの目には、画像の z 成分のシャープな線や輪郭が、ホログラムスクリーン 2 0 2 の上において見えているという事実である。これは、上述の比喻で言うと、横に延びる長い直線の見え方に相当する。従って、観察者 2 1 5 の左右それぞれの目には両眼視差が生じないため、画像の位置を明確には判断できない。

従って、x 成分のシャープな線や輪郭が、両眼視差を与える主因子であり、位置を認識する上での支配的な要因となるため、結果的に、観察者の目には仮想表示面 2 0 8 の位置に像が浮かんでいるように見えることになる。

なお、上記の説明では省略したが、ホログラムスクリーン 2 0 2、シリンドリカルレンズ 2 0 3、LED 表示装置 2 0 4 の相対的な設置角度は、意図的に傾けてある。これは、LED 表示装置 2 0 4 の上に通常は縦横等間隔に形成されているマトリックス状の画素配列を、歪むことなく鮮明にホログラムスクリーン 2 0 2 の上に結像させるためである。これは、建築物の撮影時に用いられるフロントライジングと呼ばれるテクニックである。すなわち、通常のカメラを背の高いビルのような建築物に向けて、見上げるような形で写真撮影すると、本来長方形で

あるビルの形が、図50に示したような台形型となって撮影される。フロントライジング法は、このような形状の歪みを矯正し、且つ被写体全体で焦点が合っているような写真を撮影する時に、用いられる。

5 フロントライジング法の手順を、図51A～図51Dに示す。ここで、216はフィルム面、217は撮影レンズである。

すなわち、まず通常の配置(図51A)からカメラを被写体の方に向け(図51B)、次にフィルム面216だけを被写体に平行な方向へ傾ける(図51C)。このとき、前記した被写体の歪みが矯正される。次に、撮影レンズ217を被写体に平行な方向へ傾ける(図51D)。このとき、被写体全体にわたって焦点が合うようになる。なお、フロントライジングの名前は、上記手順の結果として、
10 撮影レンズ217がフィルム面216に対して持ち上げられた形になることに由来する。

図52は、これまでに説明してきた本実施形態の光学式表示装置201のホログラムスクリーン202、シリンドリカルレンズ203、LED表示装置204のみを取り出して、左回りに回転させた図である。LED表示装置204を被写体、シリンドリカルレンズ203を撮影レンズ、ホログラムスクリーン202をフィルム面と考えれば、本実施形態の光学式表示装置201が、上記のフロントライジングと同じ構成をとっていることがわかる。
15

20 以上は、LED表示装置204が縦横に等間隔に形成されているマトリックス状の画素配列を有していることを想定したときの光学式表示装置201の配置構成であるが、図50に示したような台形の歪みを補正するような画素配列を持つ表示装置を使用することができる場合は、これらの配置構成は異なってくる。

図53は、台形の歪みを補正するにはじめから上下反転した台形状の画素配列を持つ表示装置218を用いるときの配置構成である。

25 ホログラムスクリーン202、シリンドリカルレンズ203、表示装置218が置かれる面(図では直線で示されている)は、それぞれの延長線が1点で交わ

るように配置されている。これはシャインブルグの条件 (Scheimpflug condition) と呼ばれる、写真技術分野においてよく知られた条件である。この条件を満たすとき、表示装置 218 の上に表示された画像の全体が、鮮明にホログラムスクリーン 202 の上に投影される。

5 本発明によれば、 z 方向の光束は、僅かに色が変わっているが、瞳に取り込まれる光束の中での色変化は小さく、単色に見える。先にホログラムスクリーン 202 の作製方法を説明したときは単色レーザによる方法のみを記述したが、同様の手法を用いて赤色、青色、緑色のレーザによる多重露光を行えば、カラー画像の表示が可能となる。

10 また、本実施形態では、シリンドリカルレンズ 203 を用いているが、これに限るものではなく、上記したように画像の z 成分をホログラムスクリーン 202 の上に鮮明に投影結像するものであれば、他の構成も使用できる。例えば、縦横で焦点距離の異なるアナモルフィック光学系や、通常の投影レンズとシリンドリカルレンズとの組み合わせが、使用可能である。特に、 x 方向の焦点距離を変えられるレンズやミラーを用いると、像が観察される奥行き方向の位置を容易に変更
15 することができる。例えば、図 54 A 及び図 54 B に示したように、 x 方向にのみパワーをもつ可変焦点レンズ 301 を配置すると、LED 表示装置 204 の位置を変えることなしに像が形成される仮想表示面 208 の位置が前後する。なお、可変焦点レンズ 301 の代わりに可変焦点ミラーを用いて、光路を折り曲げた構成
20 をとることも可能である。

 また、本実施形態では、画像表示装置として LED 表示装置を使用しているが、これに限るものではなく、明るい画像を表示できるものであればよい。例えば、LED、CRT、高分子分散型液晶パネル、或いは有機 EL パネルから選択された表示素子と、偏光スイッチング素子と、から構成される画像表示装置を使用
25 することが考えられる。また、偏光スイッチング素子としては、強誘電液晶パネルを含む構成が、使用可能である。

以上に説明してきたように、本発明の光学式表示装置によれば、LED表示装置204に表示された画像が仮想表示面208の上に再生結像されるが、これは仮想表示面208の上での表示であり、現実的にその表示面208には何も物体は存在しない。従って、車との接触事故などは、全く起こり得ない。また、装置全体の高さも低く設定できるため、狭い空間を有効に利用できる表示装置を供することができる。

また、ここでは、本発明の光学式表示装置に関して、トンネル内の道路標識としての応用を主に説明してきたが、これに限られるものではない。本実施形態で説明したのと同様の形態の光学式表示装置を、投写型のディスプレイとして使用することも容易にできる。画像がスクリーン面から手前に浮かんで見えるという特性を活かして、ゲーム、アミューズメント等の分野での様々な応用形態が考えられる。

また、図47において、ホログラムスクリーン202を作製する際に、点Bに向かって収束するレーザービーム214をホログラム乾板213に図中左側から入射させたが、これを図55に示すような、ホログラム乾板213の左側の点Eを発する発散光であるレーザービーム219に置き換えてもよい。このようにして作製されたホログラムスクリーン220は、図56に示すように配置される。ホログラムスクリーン220以外の構成要素は全く変わらないため、先の説明と同様に、LED表示装置204に表示された画像はシリンドリカルレンズ203によって投影結像され、前記画像に含まれている例えばx方向に延びる線や輪郭が、ホログラムスクリーン220の上で最も鮮明になるように配置される。

一方、画像のx成分については、シリンドリカルレンズ203の作用を受けないため、LED表示装置204の上に表示された像がそのままホログラムスクリーン220に投影されていると考えることができる。従って、ホログラムスクリーン220の作用によって、x成分のみ（即ちz方向に延びる線や輪郭）が、そのホログラムスクリーン220の左側の虚像である点像Eがあった位置に新たに

形成される仮想表示面 221 の上に、シャープに結像されることになる。観察者には、ホログラムスクリーン 220 の向こう側の仮想表示面 221 の上に x 成分の鮮明な像が見えるため、先の説明と同様に、この場所に像が浮かんでいるように認識される。

- 5 このような光学式表示装置は、先の説明と同様に道路標識として応用することが可能であるが、より適した応用分野は、いわゆるヘッドアップディスプレイへの応用である。最もよく知られている応用例では、自動車のダッシュボード上に配置され、フロントガラスの向こう側のボンネットの上方付近に運転に必要な交通情報、速度情報、ナビゲーション情報等を表示する。このための配置構成の一
10 例を、図 57 に示す。この場合の表示装置 204 としては、LED 表示装置以外に、CRT、液晶表示装置、蛍光表示管、有機 EL 等が使用できる。また、ホログラムスクリーン 220 は、先に説明したホログラムスクリーン 220 の作製時と同様に、発散光を干渉させて作製される。なお、ホログラムスクリーン 220 をフロントガラス上に設置してもよい。また、投影光学系も、上記の説明の通り
15 に、シリンドリカルレンズ、アナモルフィック光学系、或いは通常の投影レンズとシリンドリカルレンズとの組み合わせでもよい。

(第 20 の実施形態)

- 20 本発明によれば、スクリーンから離れた位置に 2 次元画像を投影することができ、この原理を応用して、3 次元画像を見せる表示装置を構成することも可能である。以下、その詳細について説明する。

- 25 人が一つの 3 次元物体を見るとき、右眼と左眼とに映るその物体の像は、お互いに僅かに異なっている。この両眼視差と呼ばれる僅かな違いを手がかりに、人は、その物体の立体的構造や奥行きを認識する。この原理を利用して、表示装置
に右眼像と左眼像を交互に表示させ、それぞれの像を右眼と左眼に独立して見せることで、3 次元画像を認識させる方式の 3 次元表示装置が多く提案されている。

一般に3次元画像を見ているときには疲労感を生じ易く、場合によっては、車酔いに似たような気分の悪さを感じることもある。こうした生理的現象は、個人差があって一概には言えないが、これまでに3次元画像の問題点として指摘されてきており、この問題を解決するための研究開発が進められている。

5 本発明の表示装置に上記の3次元画像表示原理を適用することにより、上記のような問題を解決する新しい3次元画像表示装置を構成することができる。その構成を、図58に模式的に示す。具体的には、420はホログラムスクリーン、402は空間光変調素子、403は投影光学系である。偏光めがね404を装着した観察者415には、3次元画像406が観察される。

10 ここで、空間変調素子402は、表示される画像の偏光方向を切り替えることができる画像表示装置であればよく、直線偏光の方向を切り替えられるもの、或いは円偏光の回転方向を切り替えられるものなどが利用できる。こうした空間変調素子402としては、既に120Hz以上で動作するものが一般に入手可能であり、人の目には認知できない速度で画像を切り替えることで、両眼視差による
15 3次元画像表示が可能となっている。また、こうした素子を偏光スイッチング素子として利用し、非偏光の表示装置、例えばCRT、有機EL、高分子分散型液晶素子等と組み合わせることで、空間変調素子402を構成することができる。

20 また、投影光学系403としては、既に記述したように、最も簡素な構成としてシリンドリカルレンズを用いることができる。但し、これに限るものではなく、上記したように、画像のz成分をホログラムスクリーン420の上に鮮明に投影結像するものであればよい。例えば、縦横で焦点距離の異なるアナモルフィック光学系や、通常の投影レンズとシリンドリカルレンズとの組み合わせでもよい。また、上述したように、x方向の焦点距離を変えられるレンズやミラーを用いると、像が観察される奥行き方向の位置を容易に変更することができる。例えば、
25 図54A及び図54Bに示したように、x方向にのみパワーをもつ可変焦点レンズを配置すると、LED表示装置の位置を変えることなしに、像が形成される仮

想表示面の位置が前後する。なお、可変焦点レンズの代わりに可変焦点ミラーを用いて、光路を折り曲げた構成をとることも可能である。

また、偏光めがね 404 は、偏光板の方位を互いに直交させてあり、これを装着することにより、上記の空間光変調素子 402 によって切り替えられる画像を、
5 右眼及び左眼それぞれで独立して認知することができる。

本発明による 3 次元表示装置の特徴は、スクリーン面と画像が観察される位置とを離すことができ、さらに、それらの間の距離を変化させることができる点にある。これが、上記したような疲労感等の問題を解決できるポイントである。つまり、画像がスクリーン面上に固定されないため、目の焦点は、スクリーンでなく実際の像に合うよう調節される。さらに、その像の位置を変化させることができるため、実際の像が見えているところに目の焦点と輻輳角を合わせることができ、自然な 3 次元表示が可能となる。

(第 21 の実施形態)

15 先にも述べたように、本発明の光学式表示装置における従来の装置には見られない特長は、各実施形態として基本的構成を示してきた光学式表示装置を新たに一つの表示ユニットとし、これを配置面上に複数個配置することで、各ユニットからの再生像を仮想表示面上で合成表示することができる点である。

20 図 59A 及び図 59B は、表示ユニット 223 を 3 つ左右に並べて構成した光学式表示装置の一例の側面図及び正面図である。

仮想表示面 224 の上に形成される像 225 は各表示ユニットごとに異なり、図示する例では、それぞれの表示ユニットで「A」「B」及び「C」の各文字を一つずつ再生表示する。図示したように各表示ユニットを左右に近接して配置すると、各文字が並んで一つの言葉として認識できるようになる。

25 または、図 60 に示すように、1 つの大きなパターンを 3 つのパターン 270、271、及び 272 に分割して表示し、仮想表示面上で合成することもできる。

このように、観察者から見て表示ユニットが左右に並んで配置される場合、それぞれの再生像を仮想表示面上で合成することで、表示幅を左右に広げることができる。

さらに、本発明の光学式表示装置の特徴を十分に発現する構成は、観察者から見た像の奥行き方向に表示ユニットを複数配置し、それぞれの表示ユニットからの像を仮想表示面上で合成する構成である。

図61は、像の奥行き方向に表示ユニットを複数配置した光学式表示装置226の構成を示す側面図である。この実施形態では、本発明の光学式表示装置226が、トンネル内の道路標識として用いられている。具体的には、図61において、226は本実施例の光学式表示装置、227～229は表示ユニットであり、各表示ユニット227～229は、トンネル230の天井面231に並んで配置されている。

各表示ユニット227～229のホログラムスクリーンは、図62A～図62Cに示す作製光学系で作製される。これらの光学系は、何れも、基本的には図47で説明した光学系と同じである。但し、収束光として入射するレーザビームが集光する点が、それぞれ異なっている。

図62Aは、表示ユニット227で用いられるホログラムスクリーンの作製光学系であり、レーザビーム232は、点Fに収束するように入射される。図62Bは、表示ユニット228で用いられるホログラムスクリーンの作製光学系であり、レーザビーム233は点Gに収束するように入射される。図62Cは、表示ユニット229で用いられるホログラムスクリーンの作製光学系であり、レーザビーム234は点Hに収束するように入射される。

図61に示したように、表示ユニット227の像235は、仮想表示面236の近傍に形成される。同様に、表示ユニット228の像237は、仮想表示面238の近傍に形成され、表示ユニット229の像239は、仮想表示面240の近傍に形成される。

表示ユニット 227、228、229 の各々には、図 63A に示す制限速度を表す道路標識の原画パターン 241 が分割された図 63B に示すような要素パターン 242、243、244 が、表示されている。すなわち、表示ユニット 227 には原画パターン 241 を分割して得られる下部約 $1/3$ の要素パターン 242 が、像 235 として表示されている。同様に、表示ユニット 228 には、中央部約 $1/3$ の要素パターン 243 が像 237 として表示され、表示ユニット 229 には、上部約 $1/3$ の要素パターン 244 が像 239 として表示されている。

このとき、正面から見た再生像 235、237、239 は、図 63C に示すように一つの像として合成されるため、これをトンネル 230 の内部を通行中の車から見ると、制限速度表示の道路標識が、あたかもトンネル 230 の天井面 231 から吊り下げられているかのように見える。しかし、これは仮想表示面上での表示であり、現実的にその表示面には何も物体は存在しないので、車との接触事故などは全く起こり得ない。

この構成によるメリットは、配置する表示ユニットの数を N としたときに、表示ユニットの高さをほぼ $1/N$ の割合で小さくできる点である。このように極めて平坦な構造の光学式表示装置によって、トンネル掘削の断面積を削減することができ、これによる建築コストの削減効果は大きい。

以上に述べてきたように、本発明によるホログラムを用いた光学式表示装置においては、蛍光灯という安価で長寿命の光源が初めて使用可能となった点の工業的価値は、極めて高い。

但し、本発明の光学式表示装置の特徴を活かすための光源は、蛍光灯に限るものではなく、細長い線状光源であればよい。線状光源としては、既に述べたランプと縦長開口との組み合わせや、直管蛍光灯の他に、小型電球を 1 次元に配列したもの、半導体レーザや LED の 1 次元アレイ、発光部を線状に形成した有機 EL、或いは光源の光を光ファイバなどの導光手段を用いて導いて線状の光出射部

分を構成したもの、等が容易に利用可能である。さらに、この他にも、種々の選択が可能である。例えば、点光源と円筒ミラー或いは多面ミラーとの組み合わせにより、擬似的に線状の光源を形成することもできる。偏心ミラーによる小型化を図ることも、好ましい。または、ミラー或いはレンズによって線状に集光させた光ビームで、線状の光源を形成することもできる。この構成によれば、ホログラムに近い位置に、仮想的な高輝度の線状光源を構成することができる。或いは、C R T等の2次元表示装置上に縦方向に細長い輝線を表示しても、線状光源として機能させることができる。輝線の表示位置を順次動かしていけば、再生位置がそれに呼応して移動するため、再生像が移動して見えるという効果を生み出すこともできる。この他にも、可動の線状光源を用いて、同様の効果を出すことができる。

また、光源の発光特性については、連続した発光分布を持つものでもよく、3原色の独立した発光ピークを持つ光源を用いてもよい。或いは、3原色の独立した発光源を組み合わせることで、線状光源を構成してもよい。こうすることで、各色ごとに光源を点滅することが可能となり、特定の色の再生像を表示したり表示しなかったりするような、極めて効果的な表示が可能となる。

なお、図8において、紙面に直交する軸を中心にホログラム2を180°裏返すと、再生像が形成される仮想表示面もまたはホログラム2の向こう側、図8で言えば天井面7の奥に移動するため、ホログラム2の向こう側に再生像ができる。本発明の光学式表示装置では、このような再生像表示を行うこともできる。但し、この場合に得られる再生像は裏返るので、このような配置で再生像を表示する場合には、ホログラム2の作製時に、パターンマスクをあらかじめホログラム乾板側から見て表向きに設定しておく必要がある。

また、参照光を、スリットの長手方向と直交する方向に複数のビームを重ね合せて形成すれば、再生時に線状光源を用いることなく、視認範囲を広げることができる。この場合、照明光源は、点光源で良い。但し、本質的に再生像が観察さ

れる場所は離散的であり、上下方向に視点を移動すれば、再生像が見える位置と見え難い位置が交互に現れる。その状態は、ホログラム作製時に用いた複数ビームの重なり具合によって変わる。複数のビームが互いに近接した配置を持つ場合には、視点を移動しても、再生像が途切れることなく観察される。この参照光の構成は、スリットと散乱光の組み合わせで物体光を形成する場合に限らず、これ

5

にシリンドリカルレンズを組み合わせた場合、透過型ホログラムの再生像を物体光とする場合、また一方向に拡散する拡散光で物体光を形成する場合にも、有効である。

また、ホログラム乾板に近接するようにレンチキュラーレンズシートのような

10

1次ディフューザを配置してホログラムを露光することで、再生時に線状光源を用いることなく、視認範囲を広げることができる。この場合、照明光源は、点光源で良い。但し、本質的に再生像が観察される場所は離散的であり、上下方向に視点を移動すれば、再生像が見える位置と見え難い位置が交互に現れる。その状態は、レンチキュラーレンズシートの仕様によって変わり、レンチキュラーレン

15

ズシートのピッチが細かいものを選択することにより、視点を移動しても再生像が途切れることなく観察されるようになる。

再生表示面は一つの平面に限られることはなく、複数の平面或いは曲面から構成してもよい。また、上記の幾つかの実施形態で既に述べたように、被写体として3次元物体を用いてもよい。但し、3次元物体を被写体として使用する場合に

20

は、図10並びに図11A及び図11Bに示したホログラム作製光学系については、3次元被写体にレーザ光を照射することで発生する前記被写体からの反射光が、この被写体とホログラム乾板の間に置かれたスリットを通過するように、光学系を再配置する必要がある。この場合にもスリットを通過してきた光が物体光となるが、前記レーザ光と前記物体光が、光軸上に配列しなくなる。

また、ホログラム2の複製は、容易に作成できる。例えば、ホログラム2と未露光のホログラム乾板とを、より好ましくは屈折率整合液を介して密着し、レー

25

ザ光を適切な角度でホログラム乾板側から入射させることで、ホログラム 2 に記録された情報をホログラム乾板に転写複製することができる。

上記の各実施形態では、光学式道路標識、及び道路情報表示板への適用例を中心に本発明のアプリケーションを説明してきたが、この用途に限られることは全くなく、一般文字情報、宣伝広告などを表示してもよい。同様に、設置場所も、
5 トンネル内に限らず、ビル、エレベータ、地下街、駅などに設置しても、その効果は大きい。また、ホログラムによって回折されなかった非回折光を周辺照明に用いる構成としてもよい。

さらに、設置位置も、天井に限らず、壁面、床面などに設置しても、効果的である。例えば、通路床面にホログラムを設置し、天井に既に設けられている照明用蛍光灯による再生を行うように構成して、その再生像として矢印、位置等を示す指標を表示させると、誘導案内標識として機能する。特に、再生像を床面から
10 数十 cm ほど浮上させて表示するように構成すると、見やすくなる。或いは、このようにして得られる表示は、人の目を引く表示となるために、通行する人の足を止めるための手段として用いることもできる。

(第 2 2 の実施形態)

本発明の原理によるホログラムを利用した光学式表示装置では、再生像として矢印や位置等を示す指標を表示することで、ある空間を観察者に提示することができる。本実施形態では、この特徴の応用例として、非接触カードを通過させる
20 位置を可視化して利用者に提示するシステムを説明する。

鉄道の駅を例にとると、現在設置されている自動改札システムは、定期券に記録された情報を磁気的に読み取る方式のものが主流である。しかし、今後は、利用者が携帯する定期券の情報を、電波その他の方法で非接触で読み取る方式への置き換えが、検討されている。これは、定期券を一旦機械の中に挿入する現在の
25 改札の仕方に代わって、利用者が非接触カードである定期券を手を持ったまま改

札を通過することで、改札の効率化及びよりスムーズな人の流れを実現することを目指している。

5 ここで考慮すべき点は、利用者が定期券を、カードリーダから離れた空間に設定されている所定の通信領域（例えば、無線によって信号の読み取りを行なう領域）の中を、有効に通過させることができるかどうかという点である。これが上手くできずに何度も読み取りを繰返さなければならないようであれば、かえって改札での人の流れが滞ってしまうことになる。

10 この通信領域へのカードの有効な通過という問題点は、非接触カードシステムに固有の問題である。なぜなら、従来の読取装置であれば、利用者はカードを挿入口に差し込むだけで、その読み取りのための位置決めは、自動的に機械が行なう。従って、上手く読み取るための工夫について、利用者に負担はかからない。一方、非接触カードシステムでは、空間的に通信領域が広がって配置されているため、まずカードを最適な通信領域に持ち込むこと、さらに、情報の読み取りに必要な時間だけその通信領域内にカードが提示され続けていることが、必須条件
15 になり、こうした作業を、全て利用者に委ねることになる。

 そのような状況のもとで、利用者に負担をかけず且つ確実にカードの読み取りを行なうためには、非接触カードを通過させるべき位置（領域）を可視化することが、有効な手段と考えられる。本発明による光学式表示装置によれば、カードリーダから離れた位置にある通信領域に、鮮明なカラー画像のホログラム再生像
20 として、矢印などの指標を表示することができ、カードをかざすべき位置を通過する利用者に、確実に提示することができる。

 また、一般に改札を通過する利用者は急いでいるために、通過するときのみに通信領域が見えるような表示では、本来の機能を果たすことはできない。これは、表示が見えた時点でカードを最適位置に動かす動作に、負担がかかるからである。
25 従って、利用者に通信領域の位置を確実に知らせるためには、改札口に近づいてきた時点で、通信領域の位置が概略把握できるような表示であることが望ましい。

これにも、本発明の光学式表示装置は有効に作用する。

すなわち、例えば第3の実施形態に関連して説明したように、本発明の光学式表示装置では、光源の配置によって、表示の視認領域を前後に広げることができる。この機能を利用することで、利用者がまだ改札口から離れたところにいるときから、何か見えているという状況を作ることができる。従って、利用者はその見えている部分を目安に、カードを提示する準備を始めることができる。さらに、改札口に近づくにつれて、表示部が次第にはっきりと見え始め、利用者はどこに定期券をかざせばよいかということが確実に見えてくる。実際に改札口を通過する際には、適切な高さ及び位置にカードを保持しながら通過することができるので、確実な情報の読み取りが可能となる。

上述の「何か見えている状況」とは、歩いてくるにつれて提示位置が点滅して見える、あるいは色が変わって見えるなど、人の目をひくものであれば、どのような表示でもよい。これには、複数の参照光によって作製されたホログラムが見る位置によって見えたり消えたりするという本発明の特性を、有効に利用できる。或いは、色変化の小さくなるような配置を避けて光学式情報装置を構成することで、実現が可能である。

なお、視認範囲としては、前方で広く設定されると同時に、提示位置を通り過ぎたときに少し振り返るようにしても見えていることが望ましい。これも、第3の実施形態に関連して説明したように、光源の配置によって、表示の視認領域を限定することができる。

また、利用者の身長には個人差があるため、見る高さが変わったときにも、明瞭に見えていることが望ましい。これは、ホログラム作製時に使用するディフューザの拡散の度合いを大きくし且つスリットを長くする、或いは、1次元ディフューザの幅及び拡散度合いを大きくすることで、実現できる。

なお、無線カード処理装置に関する特開平9-6935公報には、ホログラム投影装置により、通信領域とほぼ同等な範囲に斜線模様による表示をした3次元

的立体映像を映し出す旨の記述がある。しかし、こうした機能を実際に実現するためには、本発明が提案する方法の利用が不可欠である。

5 なお、上記では、非接触カードシステムを例にとっているが、例えばPOSシステムのような他の情報通信装置に対しても、本発明の光学式表示装置を組み合わせることができる。この場合に、構成される光学式表示システムでは、光学式表示装置が、情報通信装置の通信領域を3次元的に表示する。好ましくは、光学式表示装置の表示領域と情報通信装置の前記通信領域とを、お互いに一致させる。なお、情報通信装置としては、一方向に情報の通信（受信或いは送信）を行う構成であっても良く、或いは、双方向にインタラクティブ通信（送受信）を行う構成
10 であっても良い。

産業上の利用の可能性

本発明は、上記した構成によって、ホログラム再生像による表示を行うので、空間内に仮想的に設けられた実体のない面に、実体のないホログラム再生像による表示を行うことができる。また、表示装置自体は、設置箇所の壁面に極めて近接した平坦な領域に配置されるため、突出する部分が小さく、表示装置の巨大化や設置領域（占有領域）の増大、或いは表示装置への接触事故といった、従来の表示装置における問題点が解消される。

20 また、本発明によれば、蛍光灯を再生光源として使用する表示が可能となり、再生光源がいつでも利用可能となるで、ホログラムのみを軽量且つ可撓性の基板に作製することで、容易に携帯可能な表示装置を実現することができる。

さらに、この原理を応用して、ヘッドアップディスプレイや3次元表示装置など、スクリーン面から画像を離して観察する新規なディスプレイが実現される。

25 例えば、本発明の光学式表示装置を非接触カードシステムに利用すれば、空間的に広がる通信領域を利用者に対して明瞭に提示することができて、非接触カードシステム本来の機能をより確實且つ効果的に発揮させることが可能になる。

請求の範囲

1. ホログラム素子と、光源と、を備える光学式表示装置であって、
該ホログラムは、

5 スリットを通過した光を利用して得られた、被写体の情報を有する光と、
 該被写体の情報を有する該光とは異なる入射光路を有する参照光と、
 によって形成される反射型ホログラムであり、
 該光源からの光で該被写体の再生像を表示する、光学式表示装置。

10 2. 前記被写体の情報を有する前記光は、前記スリットを通過した拡散光を該
 被写体に照射して得られる物体光である、請求項 1 に記載の光学式表示装置。

15 3. 前記拡散光は、すりガラスに光を通すことで形成されている、請求項 2 に
 記載の光学式表示装置。

 4. 前記被写体の情報を有する前記光は、前記スリットを通過した拡散光を該
 被写体に照射して得られる物体光と、該物体光とは異なる入射光路を有する照射
 光と、によって形成された透過型ホログラムを再生して得られる再生光である、
 請求項 1 に記載の光学式表示装置。

20 5. 前記拡散光は、すりガラスに光を通すことで形成されている、請求項 4 に
 記載の光学式表示装置。

25 6. 前記被写体の情報を有する前記光は、該被写体の像が記録された透過型ホ
 ログラムに近接して配置された前記スリットを通過して得られた、該透過型ホ
 ログラムの再生光である、請求項 1 に記載の光学式表示装置。

7. 前記被写体の情報を有する前記光は、該被写体の像が記録された透過型ホログラムに近接して配置された前記スリットと、該スリットの長手方向に母線を有するシリンドリカルレンズと、を通過して得られた、該透過型ホログラムの再生光である、請求項 1 に記載の光学式表示装置。

5

8. 前記参照光は、前記スリットの長手方向に直交する方向に複数のビームを重ね合わせて構成されている、請求項 1 に記載の光学式表示装置。

9. 前記光源は線状光源である、請求項 1 に記載の光学式表示装置。

10

10. 前記線状光源は、前記スリットの長手方向に直交する面の上或いはその近傍に配置されている、請求項 9 に記載の光学式表示装置。

11. 前記参照光は、前記スリットの長手方向に直交する面を入射平面とする、請求項 1 に記載の光学式表示装置。

15

12. 前記参照光は、前記スリットの長手方向に直交する面とは異なる面を入射平面とする、請求項 1 に記載の光学式表示装置。

20

13. ホログラム素子と、光源と、を備える光学式表示装置であって、該ホログラムは、

一方向に拡散する拡散光を利用して得られた、被写体の情報を有する光と、該被写体の情報を有する該光とは異なる入射光路を有する参照光と、によって形成される反射型ホログラムであり、

25

該光源からの光で該被写体の再生像を表示する、光学式表示装置。

1 4. 前記被写体の情報を有する前記光は、前記拡散光を該被写体に照射して得られる物体光である、請求項 1 3 に記載の光学式表示装置。

5 1 5. 前記被写体の情報を有する前記光は、前記拡散光を該被写体に照射して得られる物体光と、該物体光とは異なる入射光路を有する照射光と、によって形成された透過型ホログラムを再生して得られる再生光である、請求項 1 3 に記載の光学式表示装置。

10 1 6. 前記参照光は、前記拡散光の拡散方向に直交する方向に複数のビームを重ね合わせて構成されている、請求項 1 5 に記載の光学式表示装置。

15 1 7. 前記被写体の情報を有する前記光は、該被写体の像が記録された透過型ホログラムに近接して配置された前記スリットを通過して得られた、該透過型ホログラムの再生光である、請求項 1 3 に記載の光学式表示装置。

1 8. 前記参照光は、前記拡散光の拡散方向に直交する方向に複数のビームを重ね合わせて構成されている、請求項 1 7 に記載の光学式表示装置。

20 1 9. 前記拡散光は、レンチキュラーレンズに光を通すことで形成されている、請求項 1 3 に記載の光学式表示装置。

2 0. 前記光源は線状光源である、請求項 1 3 に記載の光学式表示装置。

25 2 1. 前記線状光源は、前記拡散光の拡散方向に直交する面の上或いはその近傍に配置されている、請求項 2 0 に記載の光学式表示装置。

22. 前記参照光は、前記拡散光の拡散方向に直交する面を入射平面とする、請求項13に記載の光学式表示装置。

5 23. 前記参照光は、前記拡散光の拡散方向に直交する面とは異なる面を入射平面とする、請求項13に記載の光学式表示装置。

24. 複数の表示ユニットが配置面の上に配列され、該複数のユニットからの再生像が合成して表示される光学式表示システムであって、

10 該複数のユニットの各々が、請求項1に記載の光学式表示装置である、光学式表示システム。

25. 複数の表示ユニットが配置面の上に配列され、該複数のユニットからの再生像が合成して表示される光学式表示システムであって、

15 該複数のユニットの各々が、請求項13に記載の光学式表示装置である、光学式表示システム。

26. 前記ホログラム素子は、複数のホログラム要素を組み合わせて構成されている、請求項1に記載の光学式表示装置。

20 27. 前記ホログラム素子は、複数のホログラム要素を組み合わせて構成されている、請求項13に記載の光学式表示装置。

28. 前記ホログラム素子は、可撓性基板の上に形成されている、請求項1に記載の光学式表示装置。

29. 前記ホログラム素子は、可撓性基板の上に形成されている、請求項13に記載の光学式表示装置。

5 30. 前記ホログラム素子は、携帯可能である、請求項1に記載の光学式表示装置。

31. 前記ホログラム素子は、携帯可能である、請求項13に記載の光学式表示装置。

10 32. 前記光源が線状光源であり、該線状光源の長さ及び設置方向が、所定の再生像の視認範囲が得られるように設定されている、請求項1に記載の光学式表示装置。

15 33. 前記光源が線状光源であり、該線状光源の長さ及び設置方向が、所定の再生像の視認範囲が得られるように設定されている、請求項13に記載の光学式表示装置。

20 34. 前記光源が線状光源であり、該線状光源を入射平面外に移動することで再生像の結像位置がシフトされる、請求項1に記載の光学式表示装置。

35. 前記光源が線状光源であり、該線状光源を入射平面外に移動することで再生像の結像位置がシフトされる、請求項13に記載の光学式表示装置。

25 36. 複数の前記ホログラム素子を備え、一つの光源で該複数のホログラム素子を再生する、請求項1に記載の光学式表示装置。

37. 複数の前記ホログラム素子を備え、一つの光源で該複数のホログラム素子を再生する、請求項13に記載の光学式表示装置。

5 38. 前記光源が線状光源であり、該線状光源が、蛍光管、或いは蛍光管と反射板との組合せである、請求項1に記載の光学式表示装置。

39. 前記光源が線状光源であり、該線状光源が、蛍光管、或いは蛍光管と反射板との組合せである、請求項13に記載の光学式表示装置。

10 40. 前記光源が、多数面ミラーと点光源とから構成された線状光源である、請求項1に記載の光学式表示装置。

41. 前記光源が、多数面ミラーと点光源とから構成された線状光源である、請求項13に記載の光学式表示装置。

15 42. 前記光源が、円筒面ミラーと点光源とから構成された線状光源である、請求項1に記載の光学式表示装置。

20 43. 前記光源が、円筒面ミラーと点光源とから構成された線状光源である、請求項13に記載の光学式表示装置。

44. 前記光源が、ミラー或いはレンズによって線状に集光された光ビームによって構成された線状光源である、請求項1に記載の光学式表示装置。

25 45. 前記光源が、ミラー或いはレンズによって線状に集光された光ビームによって構成された線状光源である、請求項13に記載の光学式表示装置。

4 6. 前記光源が、点光源の列によって構成された線状光源である、請求項 1 に記載の光学式表示装置。

5 4 7. 前記光源が、点光源の列によって構成された線状光源である、請求項 1 3 に記載の光学式表示装置。

4 8. 前記光源が、2次元表示装置の上に表示された輝線によって構成された線状光源である、請求項 1 に記載の光学式表示装置。

10 4 9. 前記光源が、2次元表示装置の上に表示された輝線によって構成された線状光源である、請求項 1 3 に記載の光学式表示装置。

15 5 0. 光学式表示装置と情報通信装置とを備えた光学式表示システムであって、該光学式表示装置が、請求項 1 に記載の光学式表示装置である、光学式表示システム。

5 1. 前記光学式表示装置は、前記情報通信装置の通信領域を3次元的に表示する、請求項 5 0 に記載の光学式表示システム。

20 5 2. 前記光学式表示装置の表示領域と前記情報通信装置の前記通信領域とが一致する、請求項 5 1 に記載の光学式表示システム。

5 3. 前記情報通信装置は、情報の一方向通信或いはインタラクティブ通信を行う、請求項 5 0 に記載の光学式表示システム。

5 4. 光学式表示装置と情報通信装置とを備えた光学式表示システムであって、該光学式表示装置が、請求項 1 3 に記載の光学式表示装置である、光学式表示システム。

5 5. 前記光学式表示装置は、前記情報通信装置の通信領域を 3 次元的に表示する、請求項 5 4 に記載の光学式表示システム。

5 6. 前記光学式表示装置の表示領域と前記情報通信装置の前記通信領域とが一致する、請求項 5 5 に記載の光学式表示システム。

5 7. 前記情報通信装置は、情報の一方向通信或いはインタラクティブ通信を行う、請求項 5 4 に記載の光学式表示システム。

5 8. 画像表示装置と、結像光学系と、ホログラムスクリーンと、を備える光学式表示装置であって、

該ホログラムスクリーンは、点光源からの光を反射して、該点光源とは異なる位置に点像を結像するように構成されており、

該結像光学系は、該画像表示装置に表示された画像の縦方向の焦点を、該ホログラムスクリーンの上に一致させるように構成されている、光学式表示装置。

5 9. 前記結像される点像は実像である、請求項 5 8 に記載の光学式表示装置。

6 0. 前記結像される点像は、前記ホログラムスクリーンに対して、前記点光源とは反対側の位置に結像される虚像である、請求項 5 8 に記載の光学式表示装置。

6 1. 前記結像光学系は、縦方向と横方向とでお互いに独立した結像機能を有して、

該縦方向については、前記画像表示装置に表示された画像の縦方向の焦点を、前記ホログラムスクリーンの上に一致させるように構成され、

5 該横方向については、焦点距離が可変になるように構成されている、請求項 5 8 に記載の光学式表示装置。

6 2. 偏光を透過させる方向が両眼でお互いに直交している偏光メガネをさらに備える、請求項 5 8 に記載の光学式表示装置。

10

6 3. 複数の表示ユニットが横方向に配置されている光学式表示システムであって、該複数の表示ユニットの各々が、請求項 5 8 に記載の光学式表示装置である、光学式表示システム。

15

6 4. 複数の表示ユニットが奥行き方向に配置されている光学式表示システムであって、該複数の表示ユニットの各々が、請求項 5 8 に記載の光学式表示装置である、光学式表示システム。

20

6 5. 前記画像表示装置が、LED、CRT、高分子分散型液晶パネル、或いは有機ELパネルから選択された表示素子と、偏光スイッチング素子と、を含む、請求項 5 8 に記載の光学式表示装置。

6 6. 前記偏光スイッチング素子が強誘電液晶パネルを含む、請求項 6 5 に記載の光学式表示装置。

図 1A

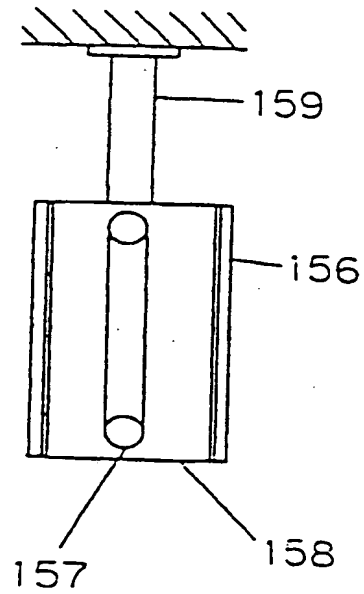
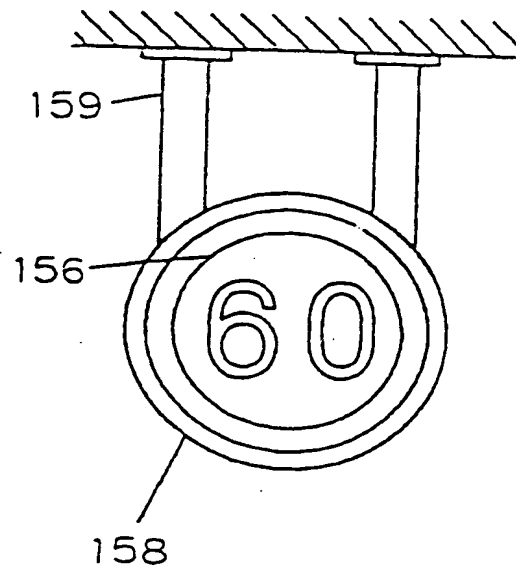
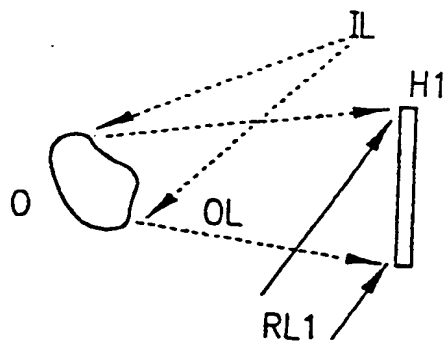


図 1B



2A



2B

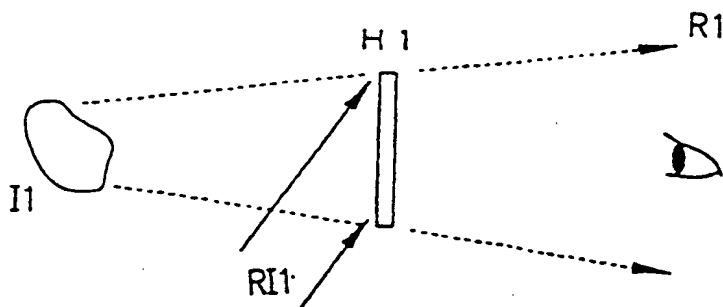


図 3A

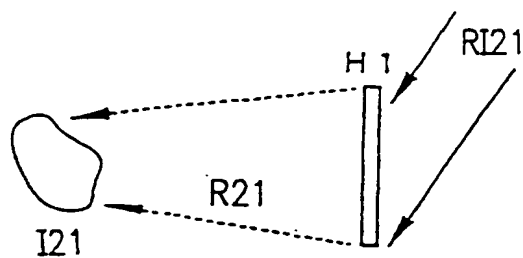


図 3B

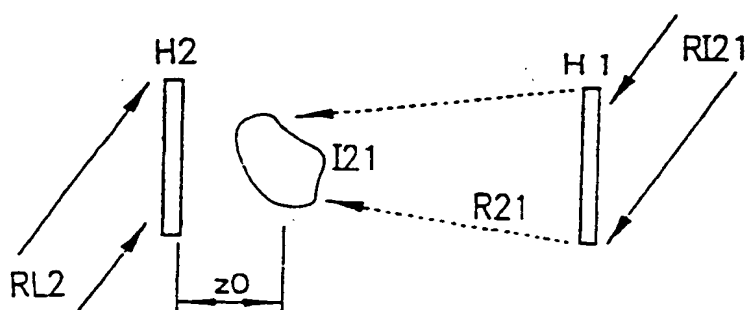


図 3C

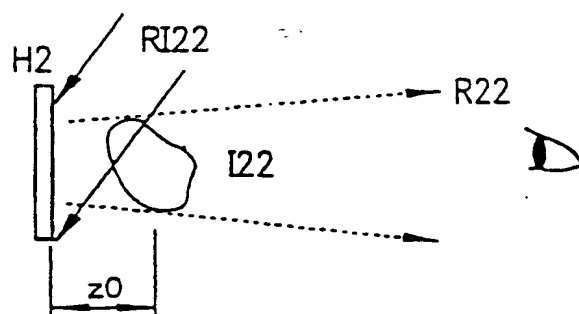


図 3D

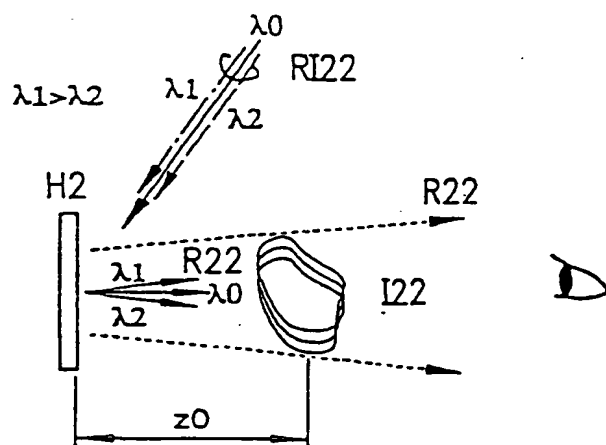


図 3E

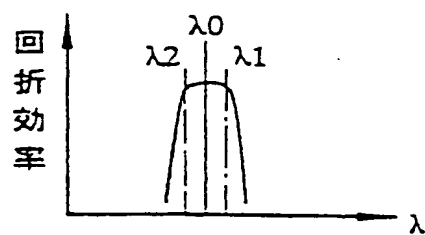


図 4A

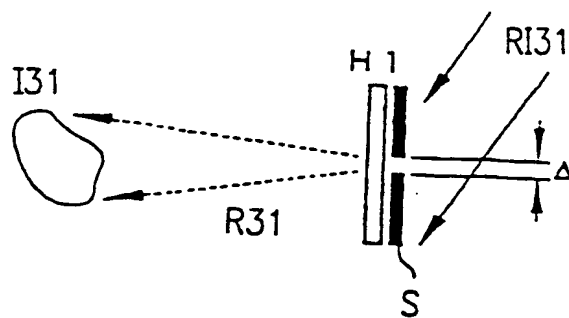


図 4B

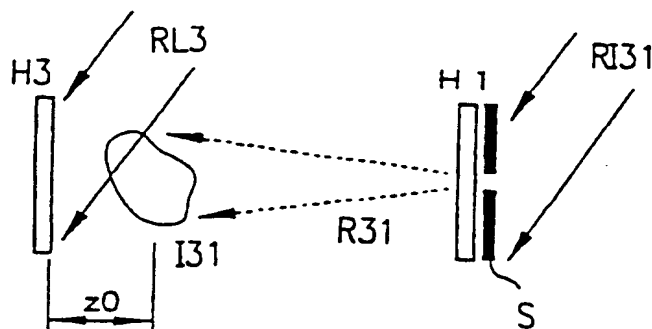


図 4C

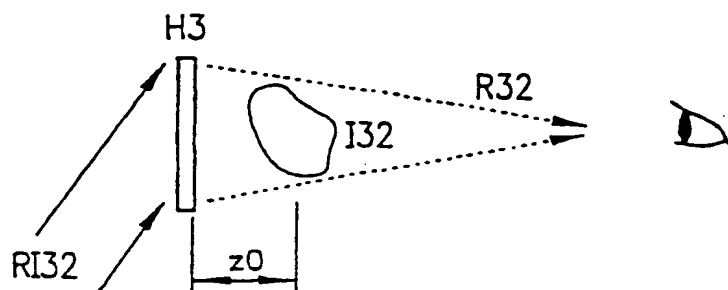


図 4D

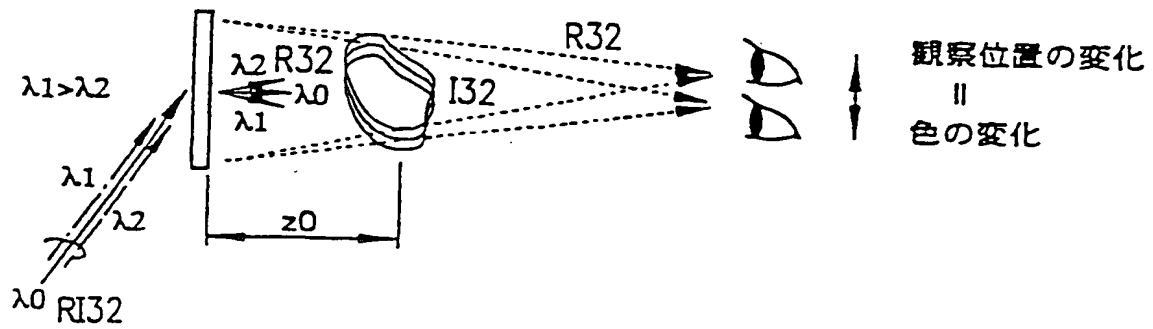


図 4E

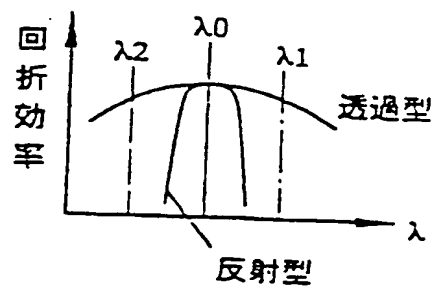


図 5A

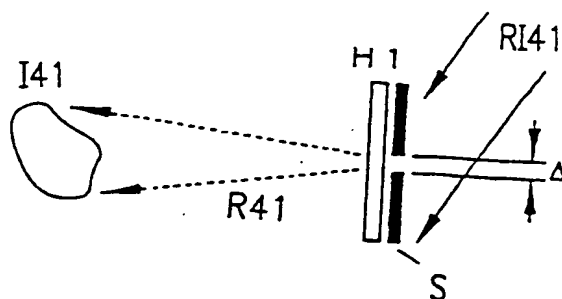


図 5B

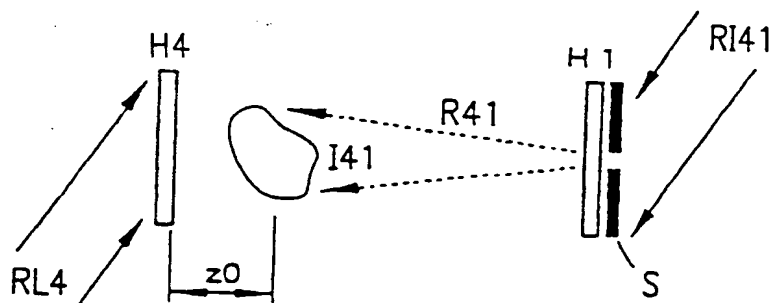


図 5C

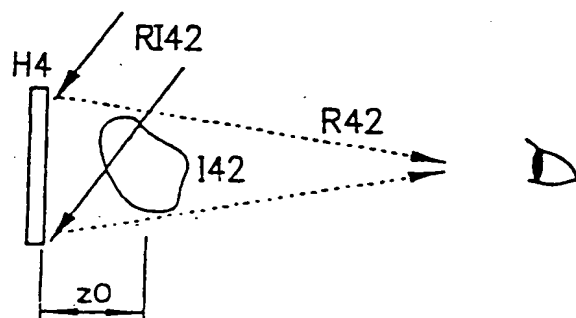


図 6A

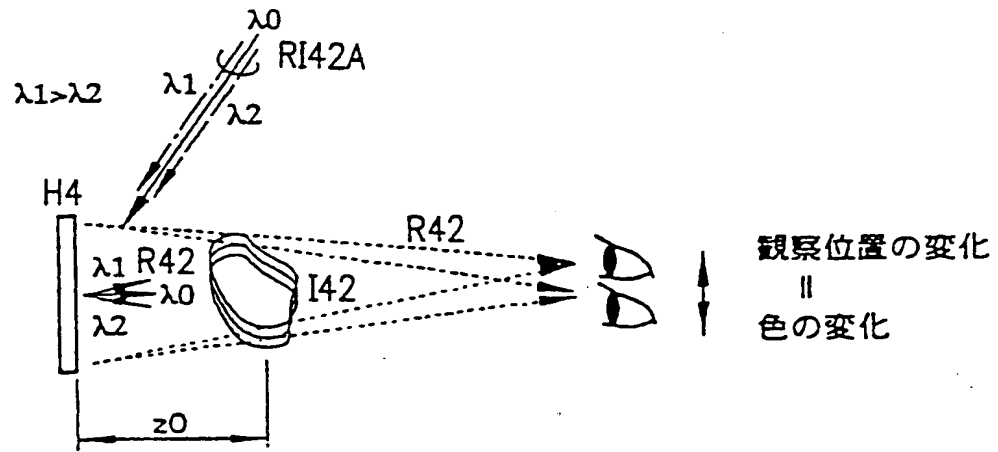


図 6B

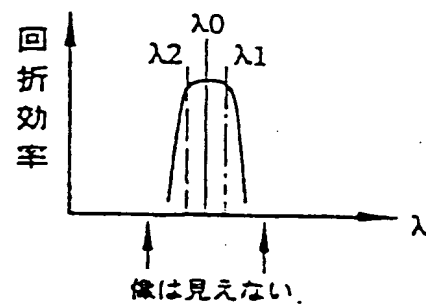


図 7A

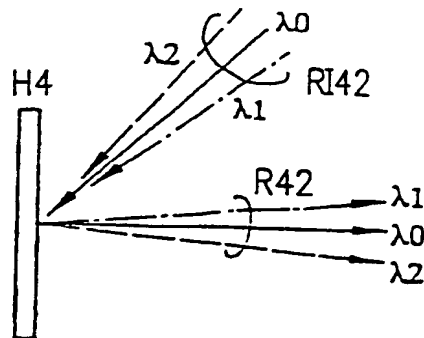


図 7B

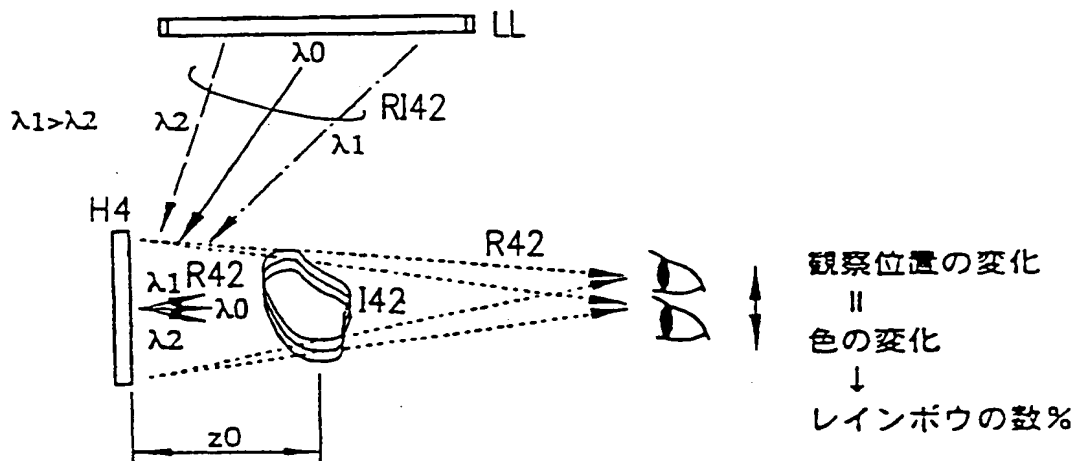


図 8

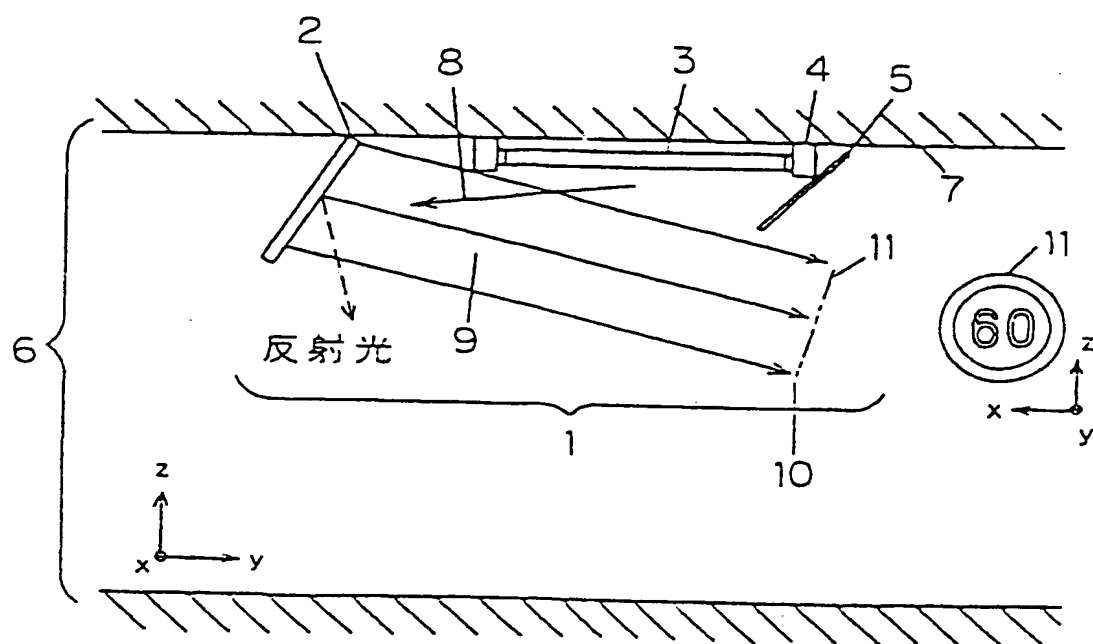


図 9

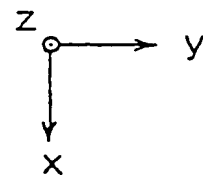
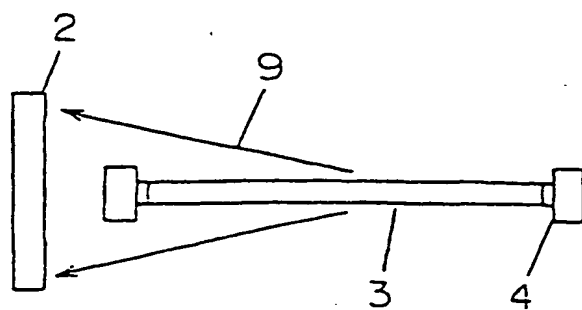


図 10

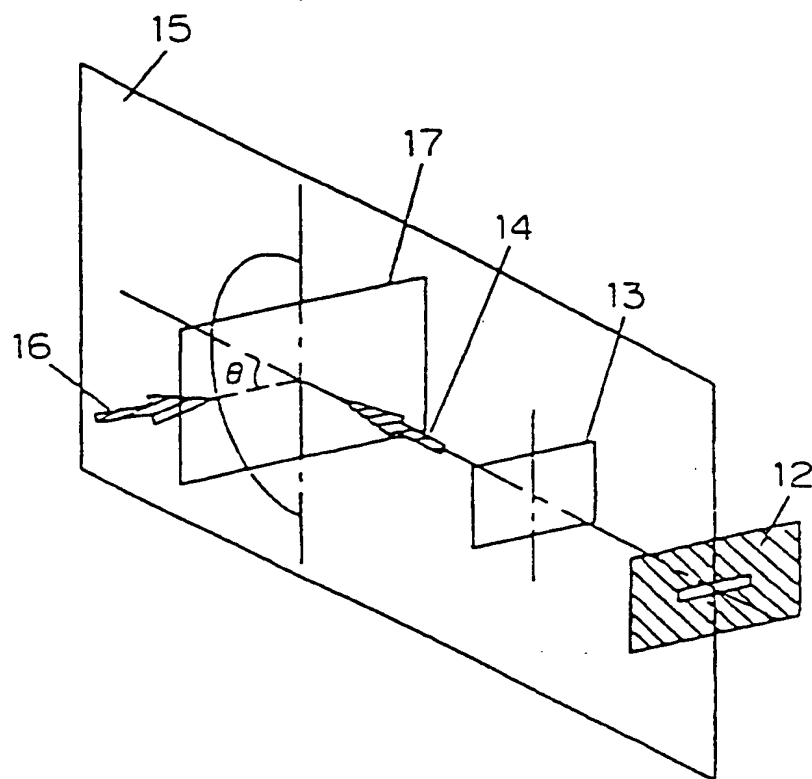


図 11A

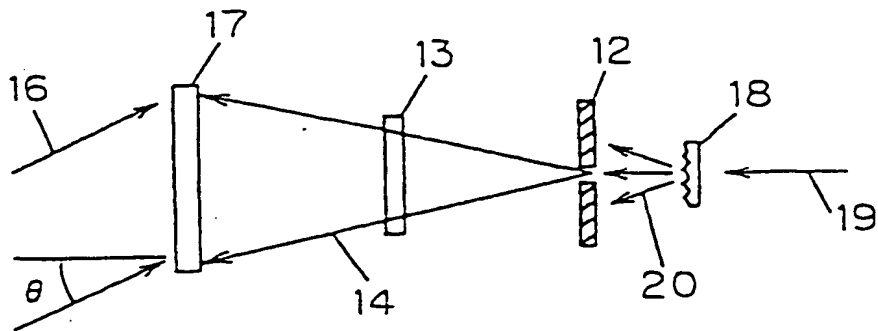


図 11B

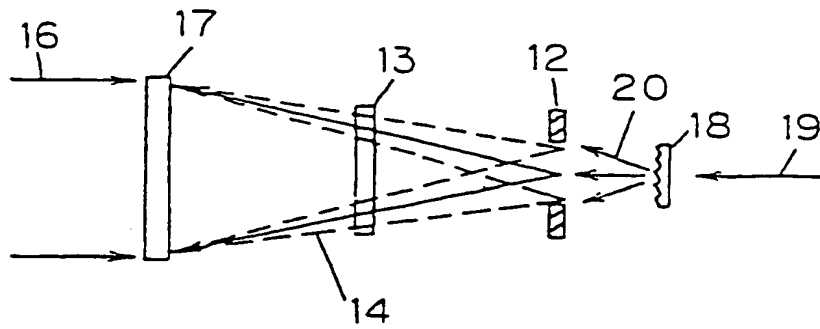


図 12

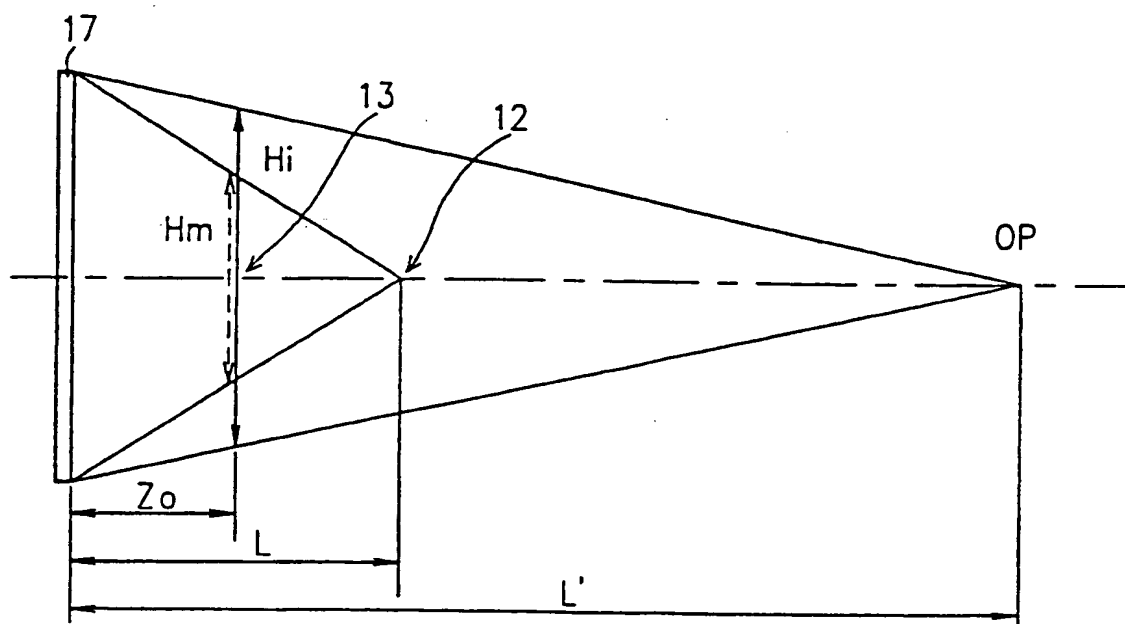
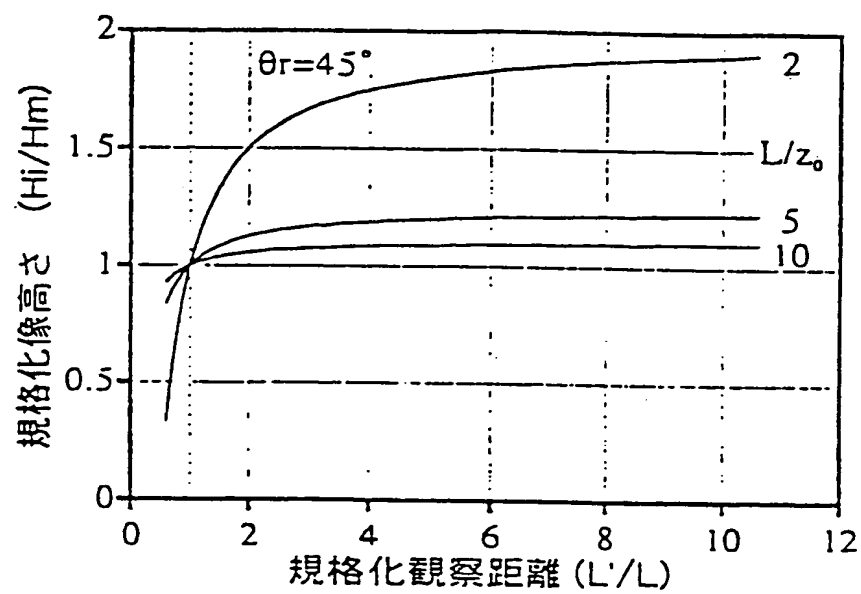


図 13



14

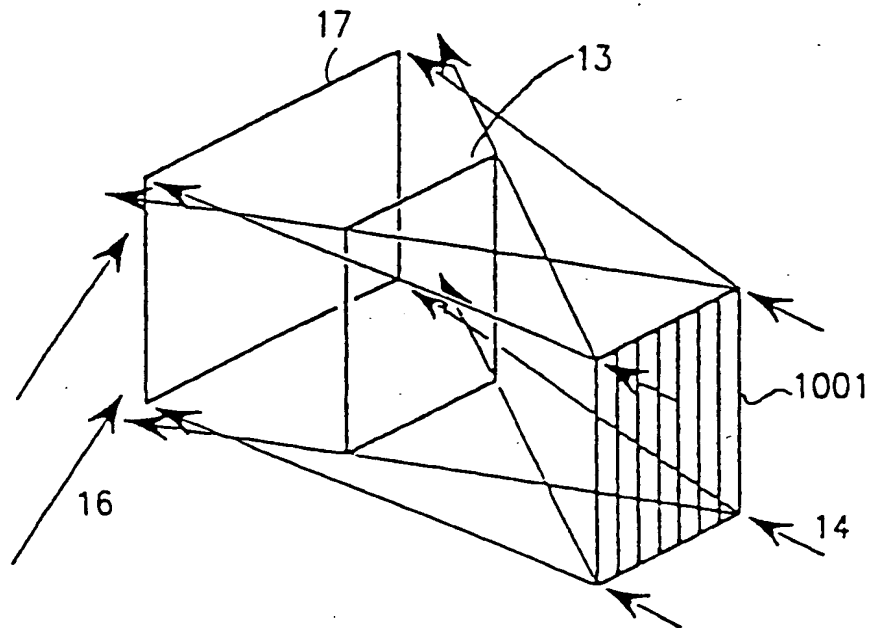


図 15A

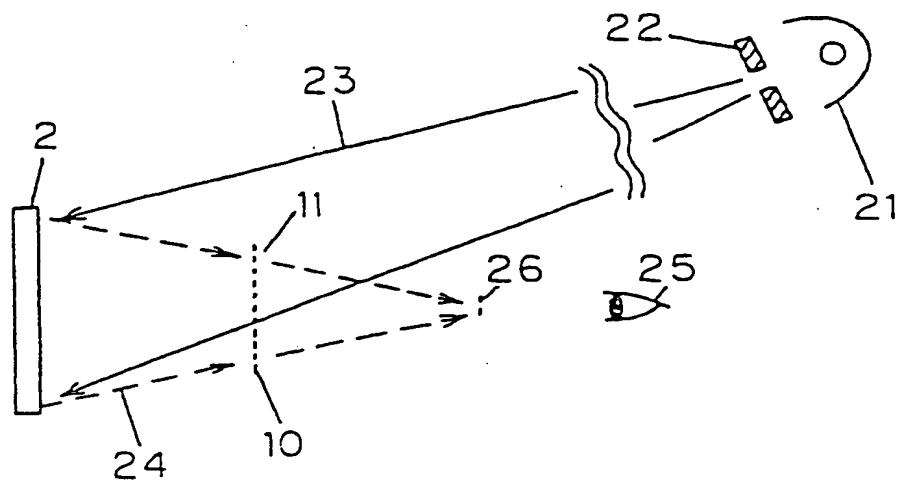


図 15B

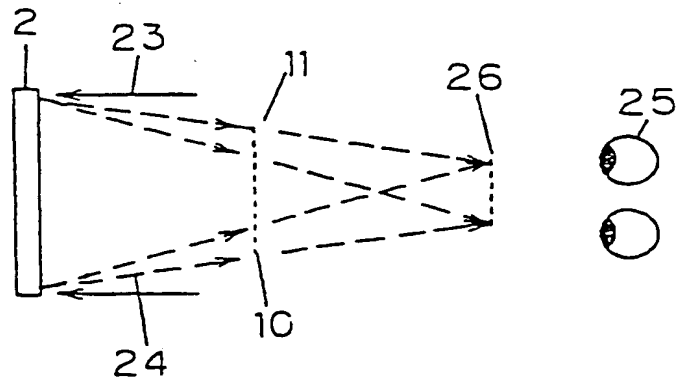


図 16A

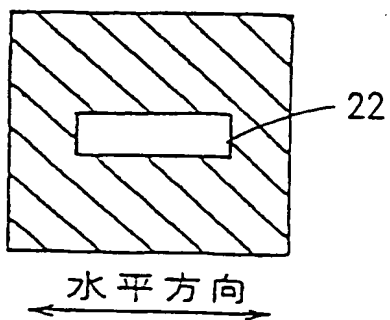


図 16B

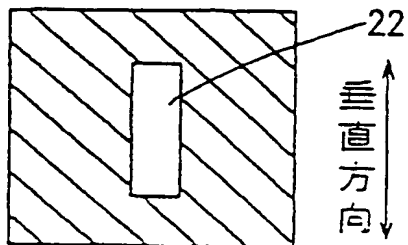
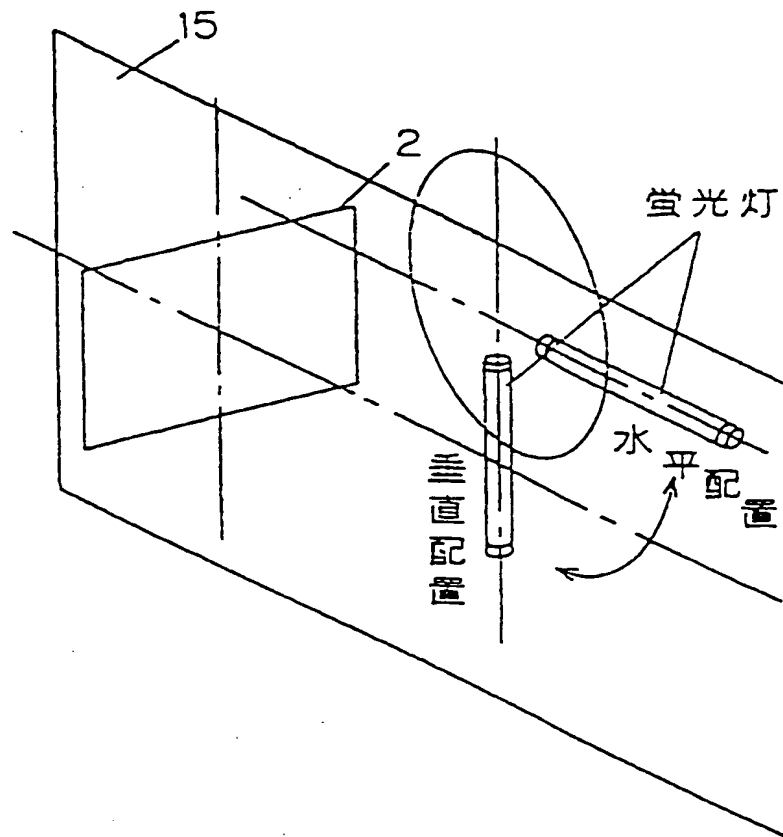
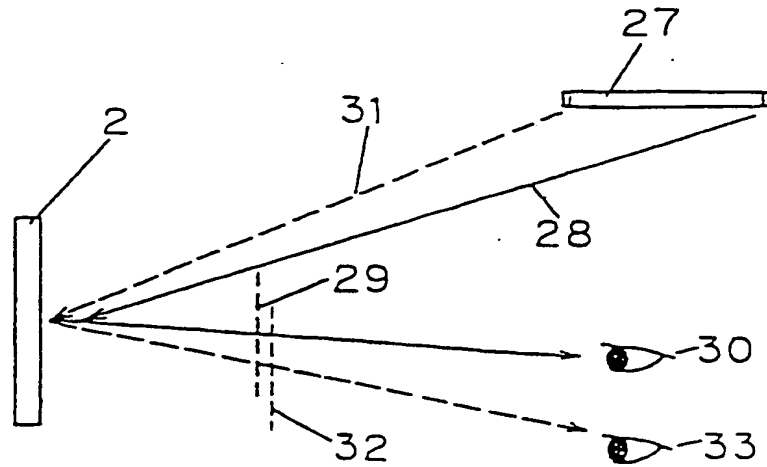


図 17A



17B



17C

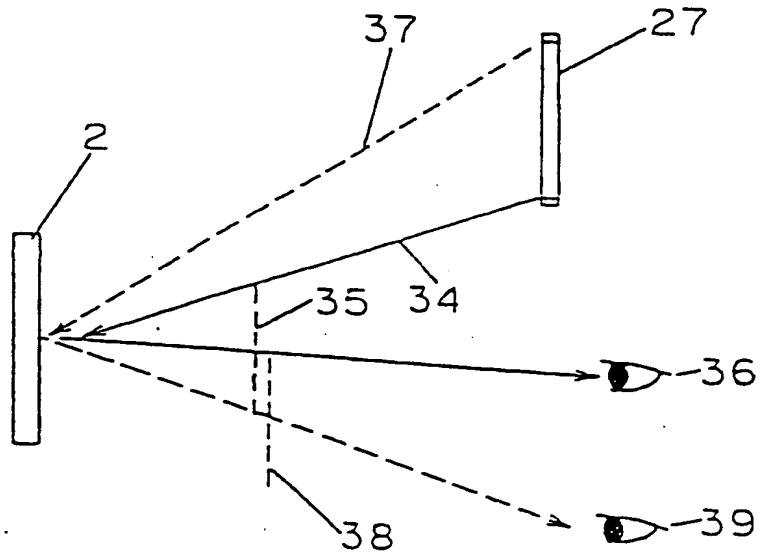


図 18

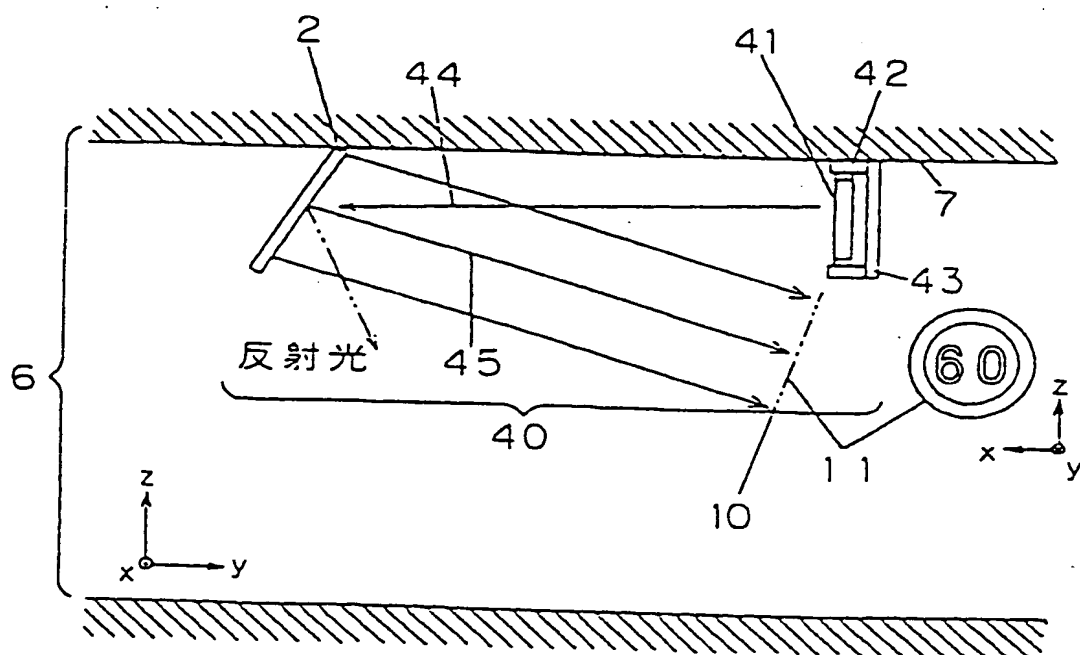
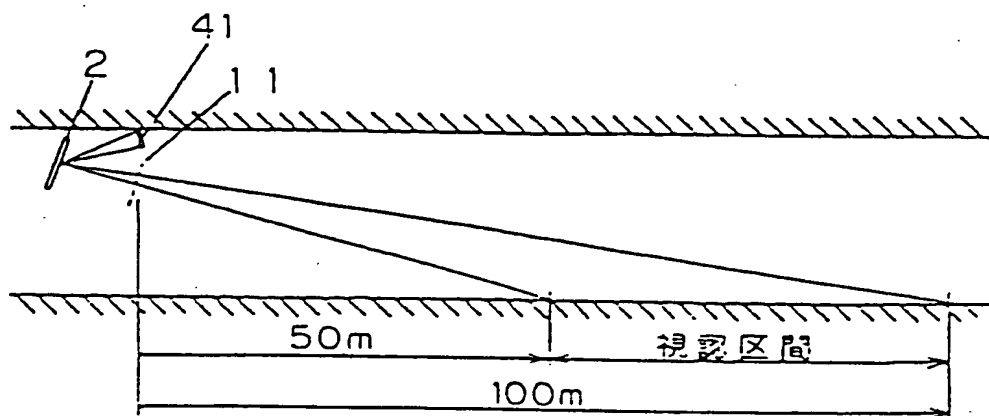


図 19



20

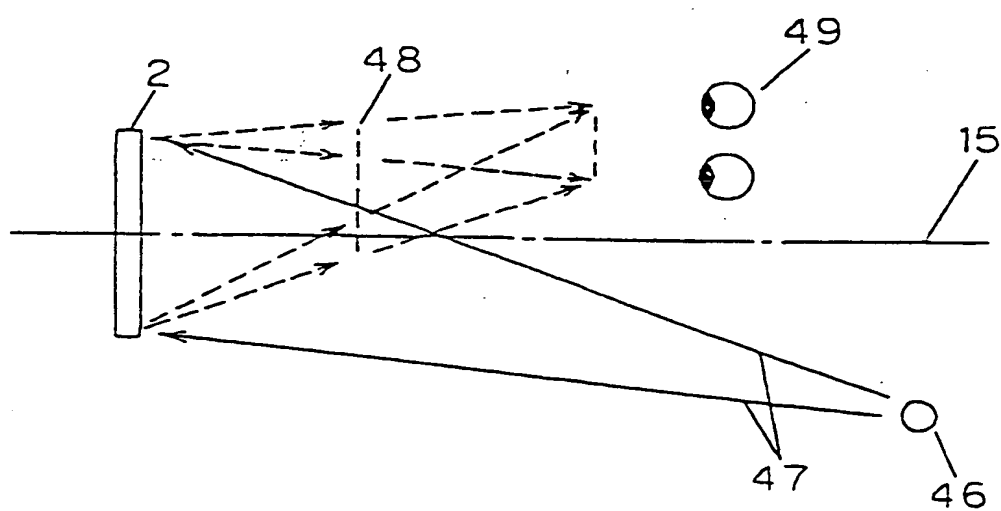


図 21A

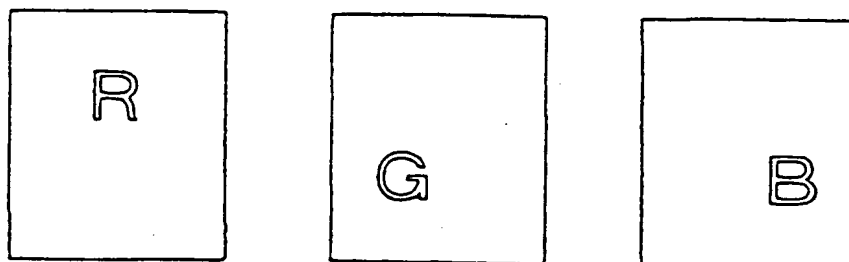


図 21B

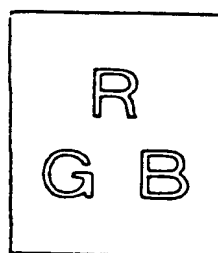


図 21C

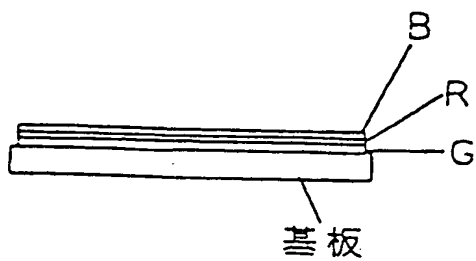


図 22

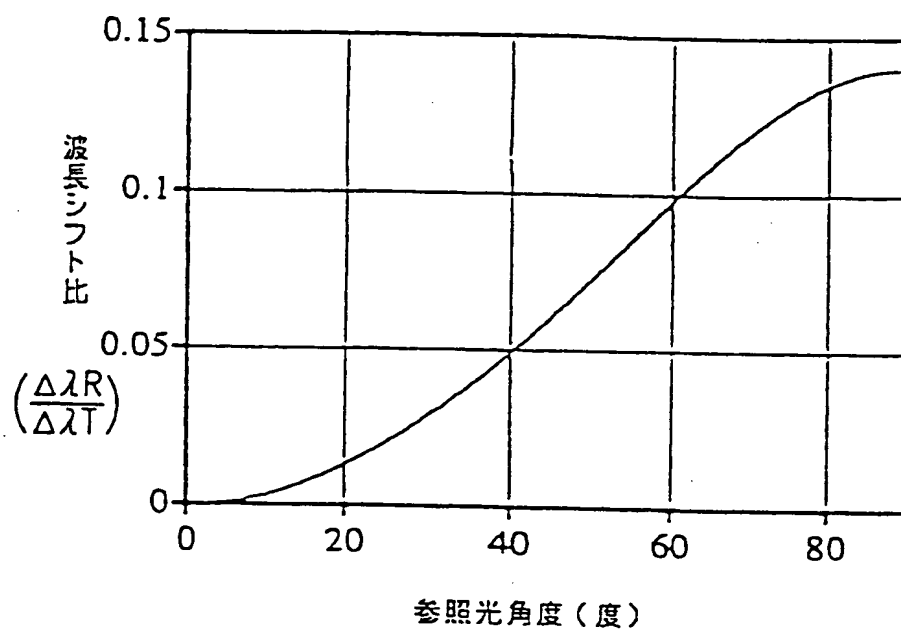


図 23

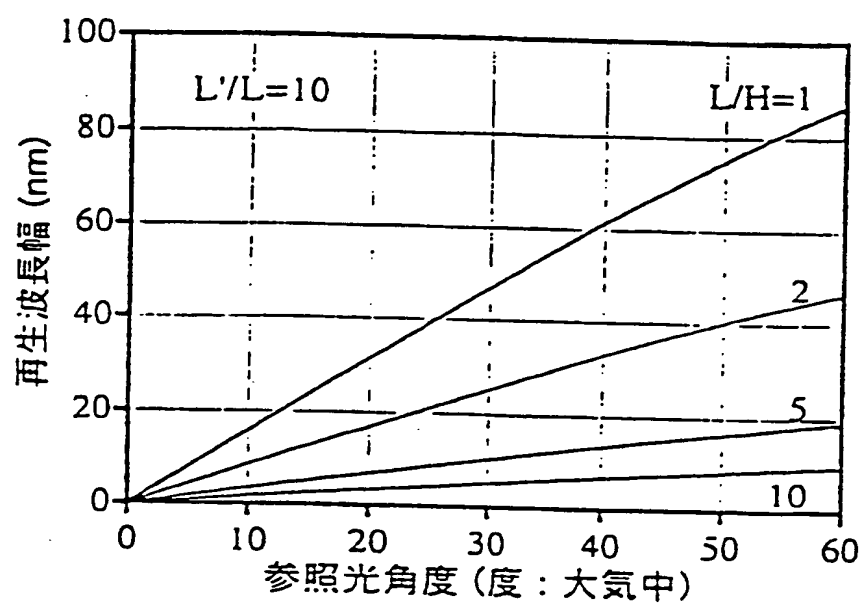
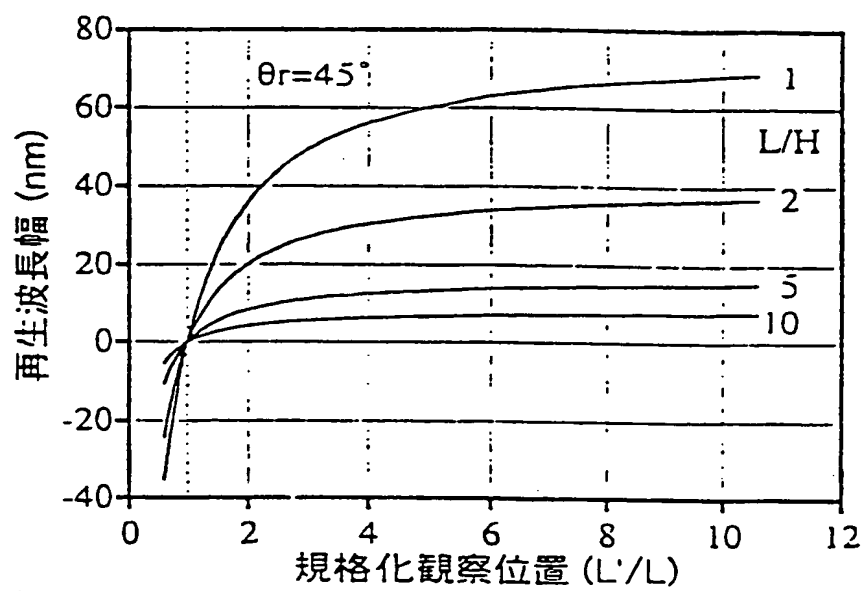


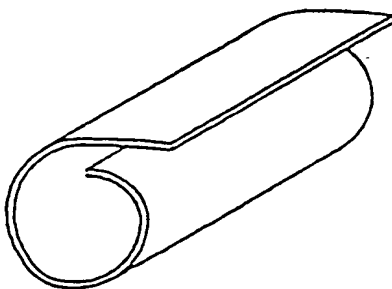
図 24



☒ 25A



☒ 25B



☒ 25C

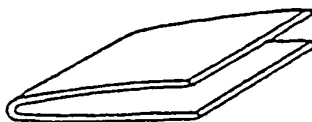


図 25D

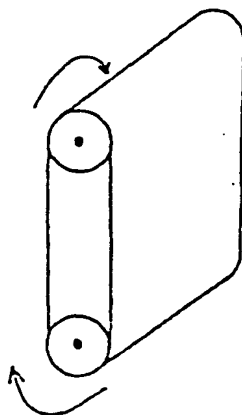


図 25E

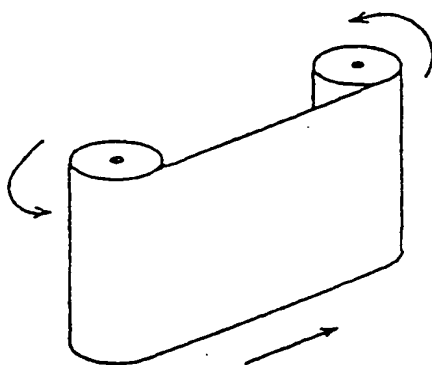


図 26

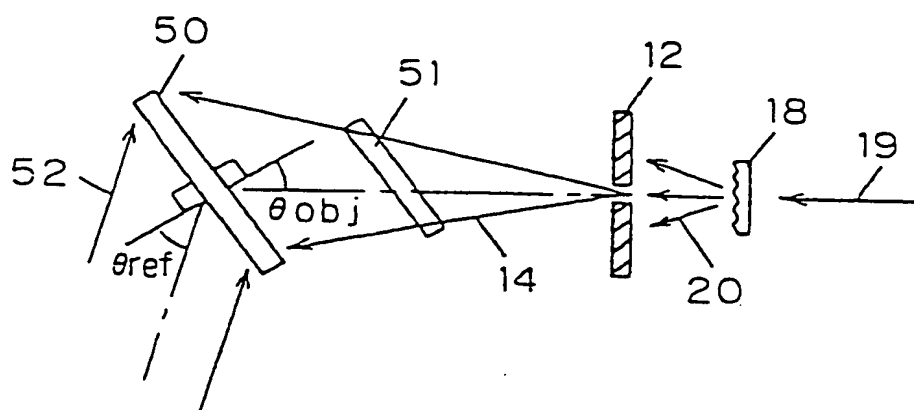


図 27A

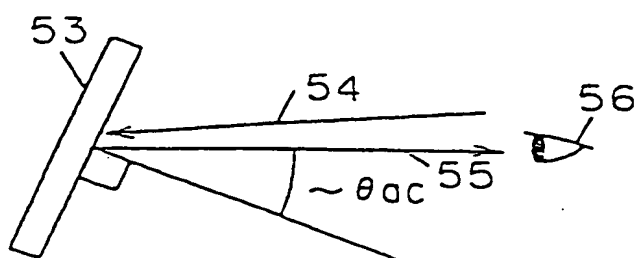


図 27B

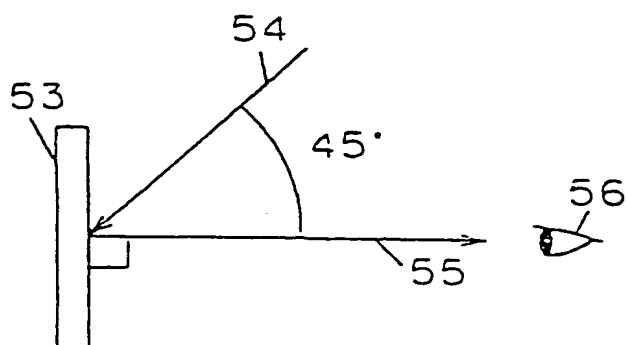


図 28

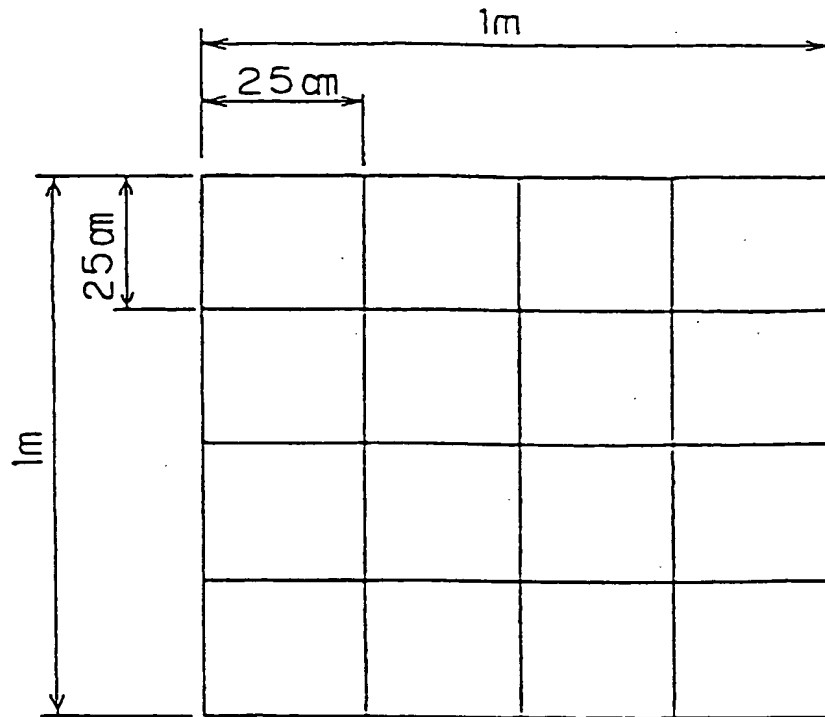


図29A

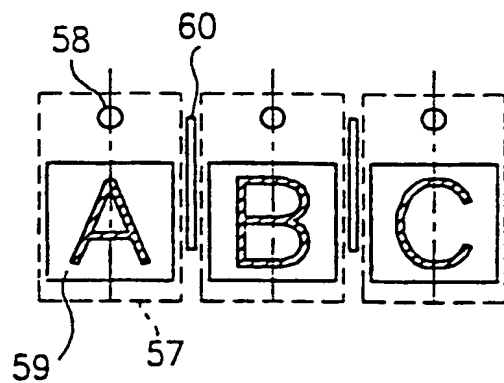


図29B

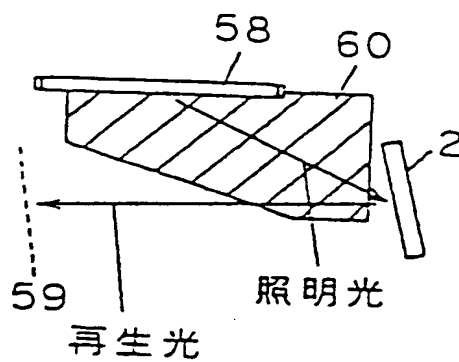


図 30A

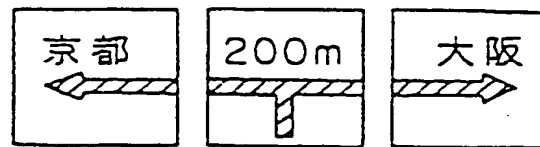


図 30B

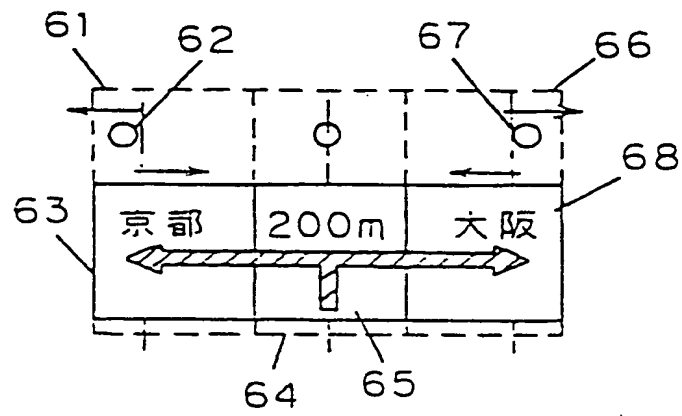


図 31A

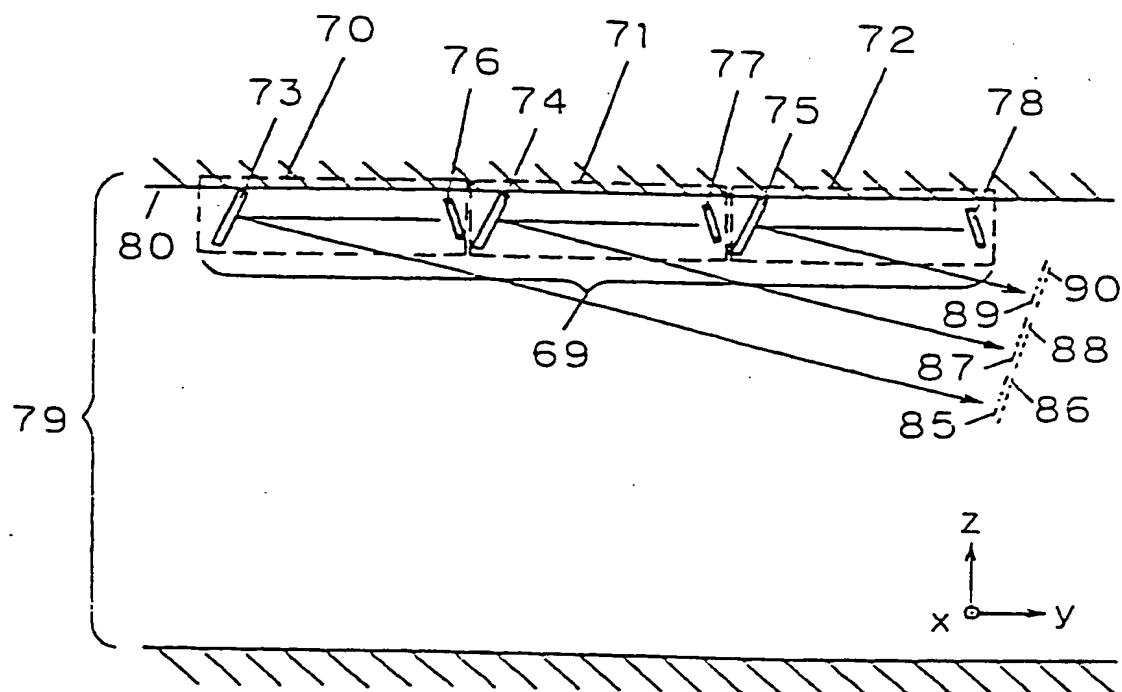


図 31B

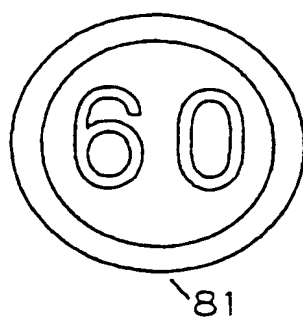


図 31C

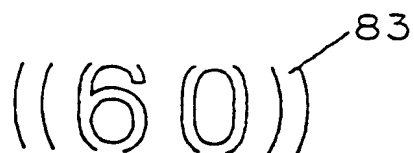


図 31D

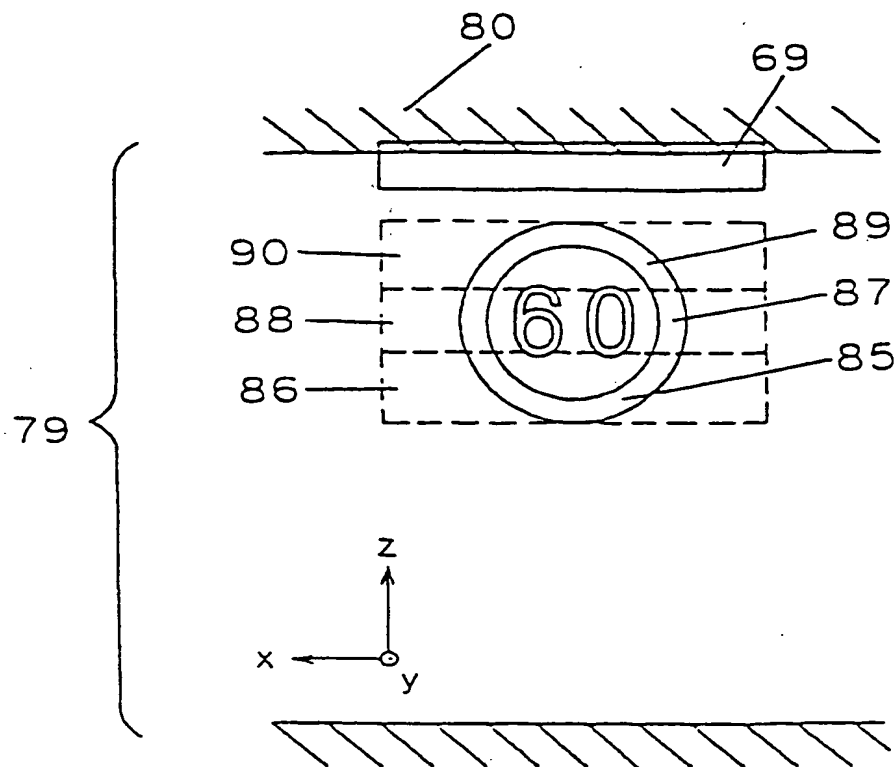


図 32

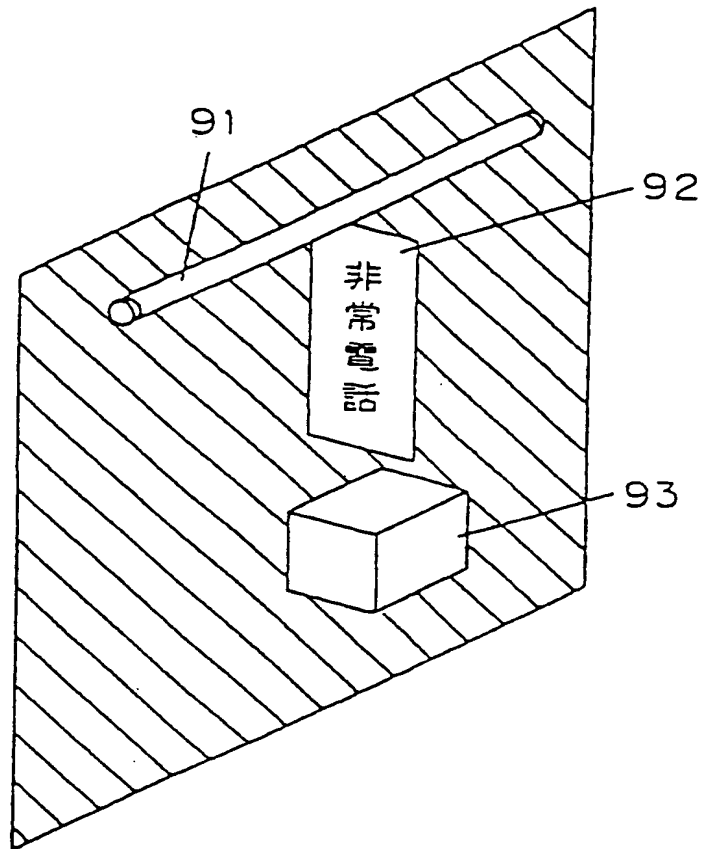


図 33

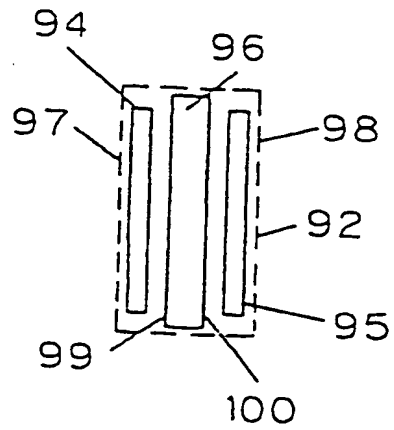


図 34

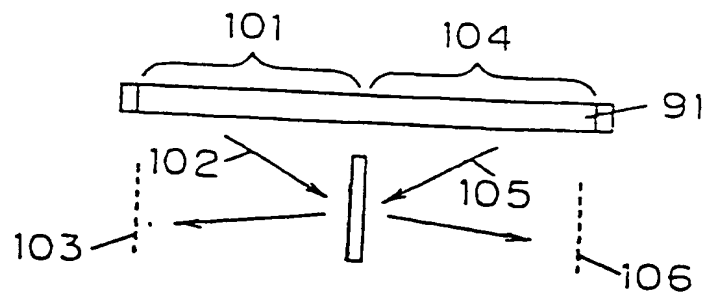


図 35

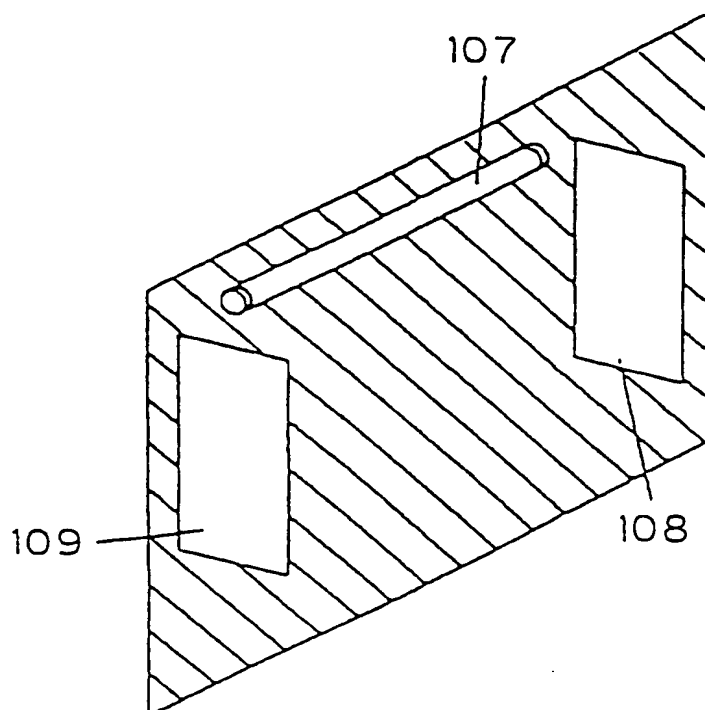


図 36

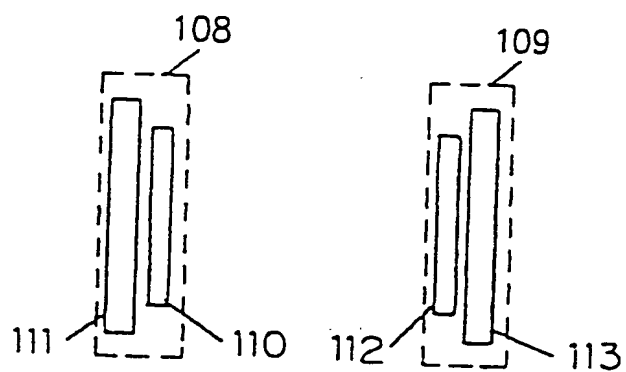


図 37

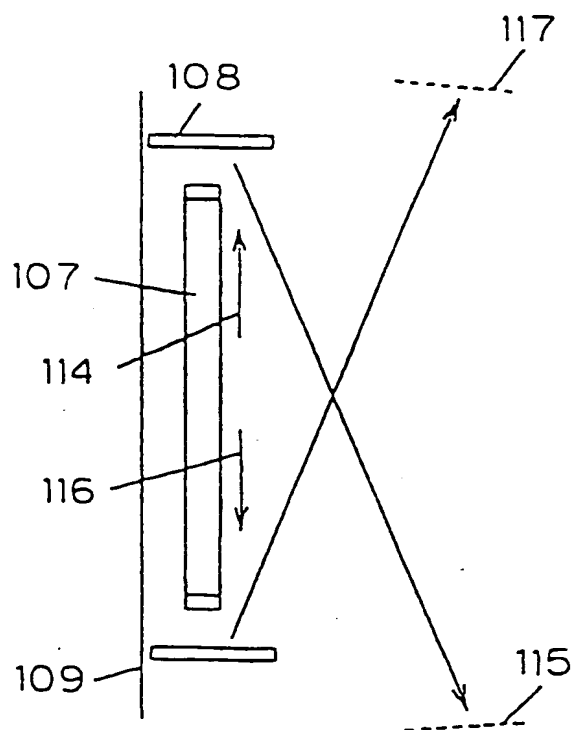


図 38

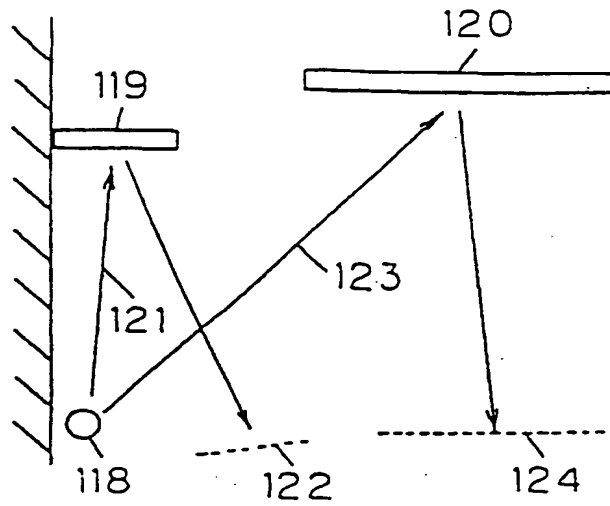


図 39A

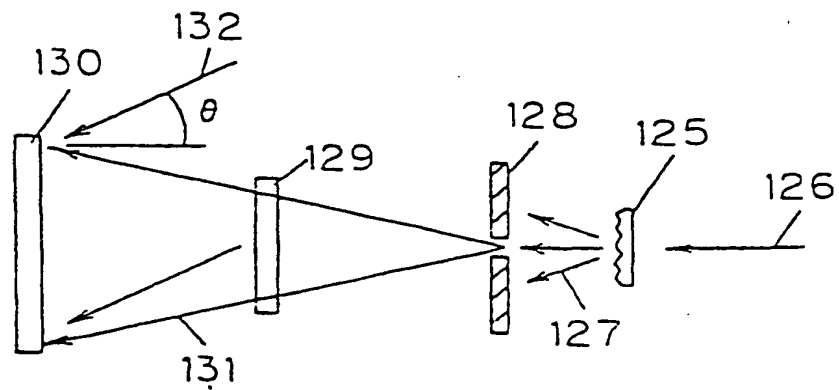


図 39B

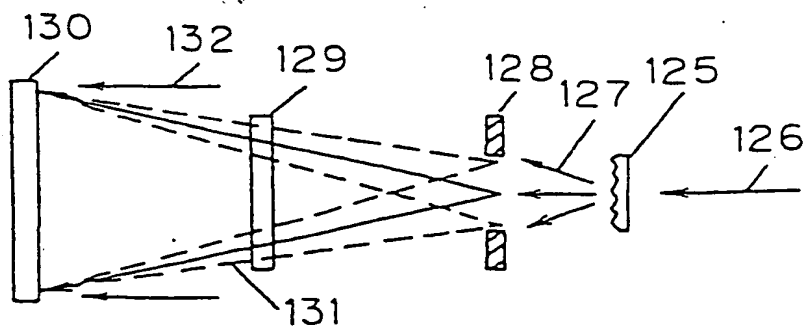


図 40

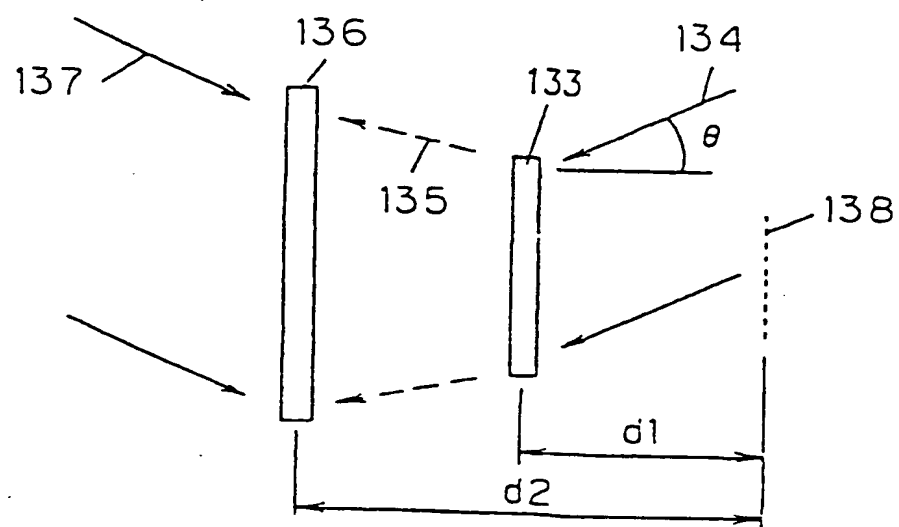


図 41

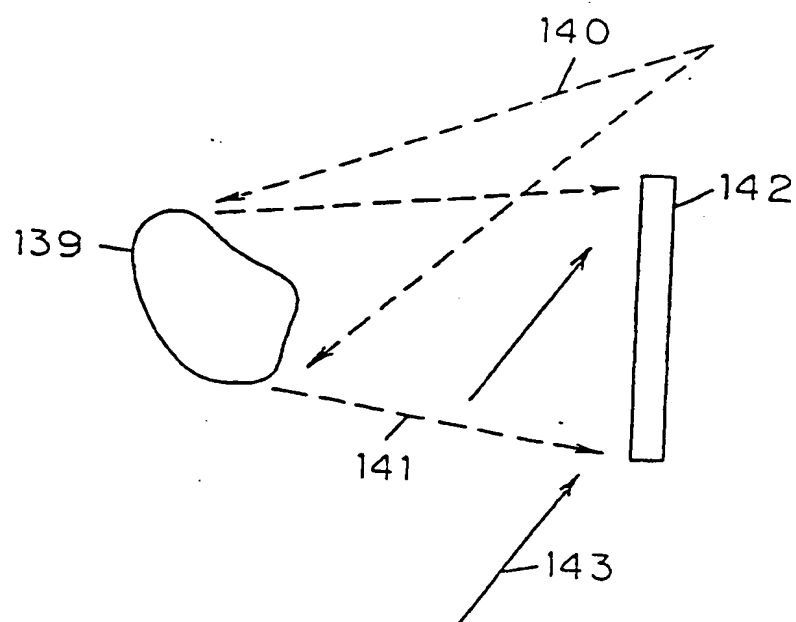


図 42

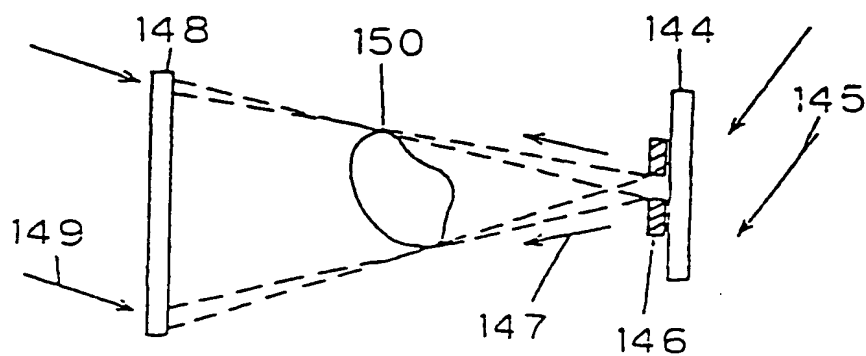


図 43

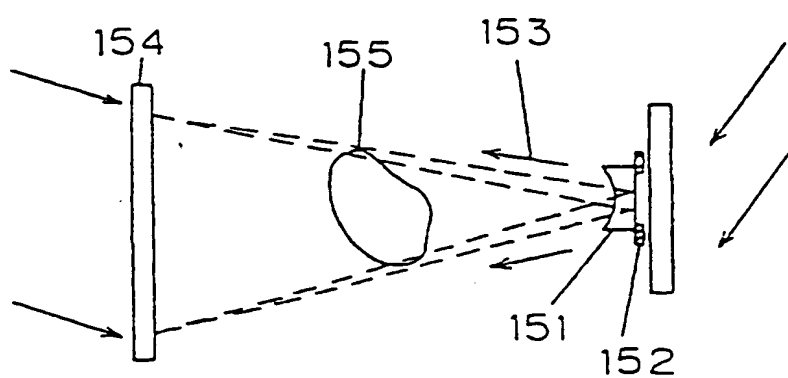


図 44

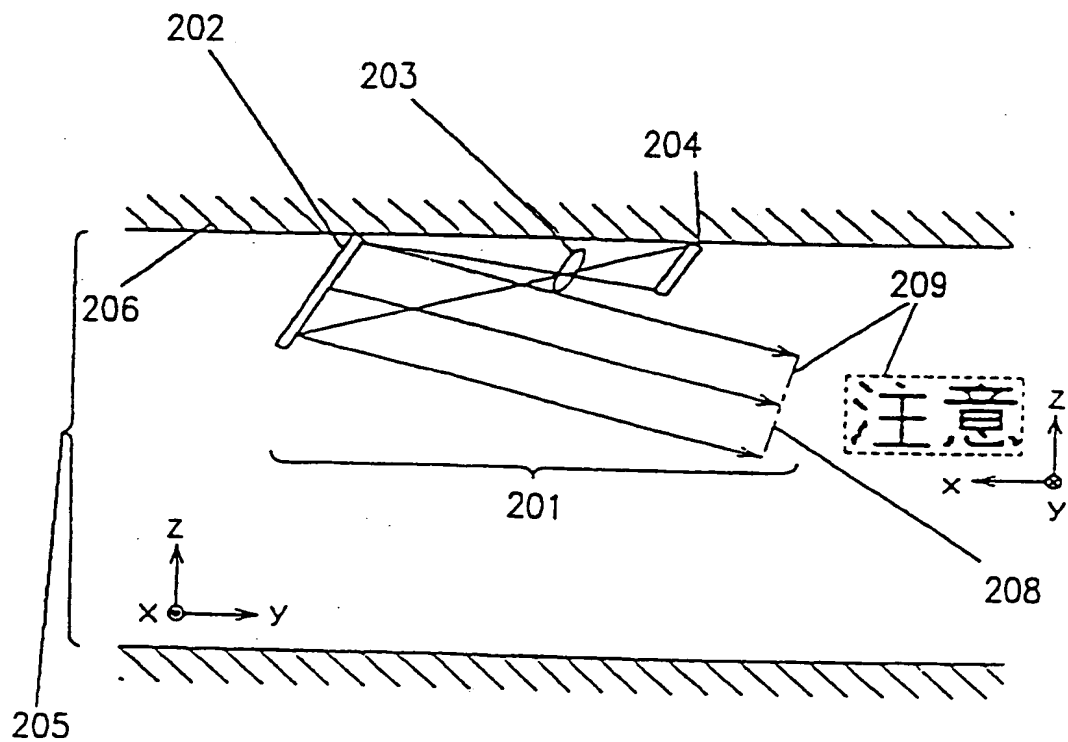


図 45

原図

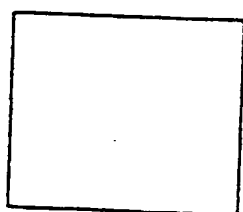
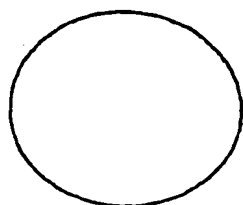
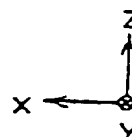
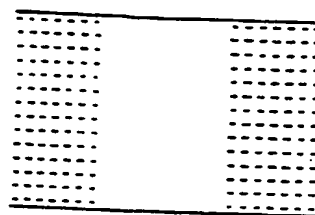
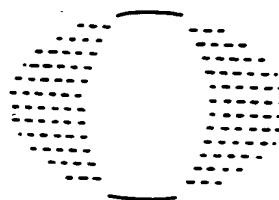
ホログラムスクリーン202上
に投影された形状

図 46A

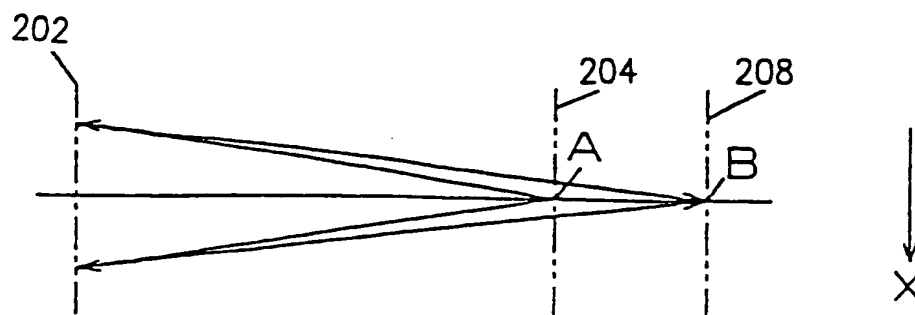


図 46B

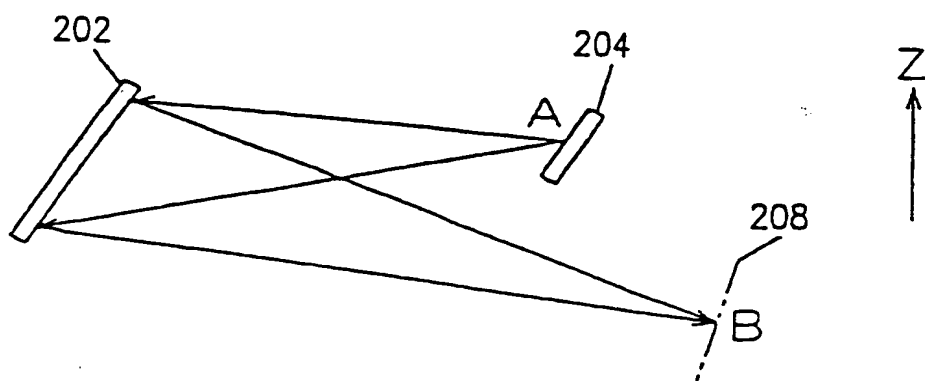


図 47

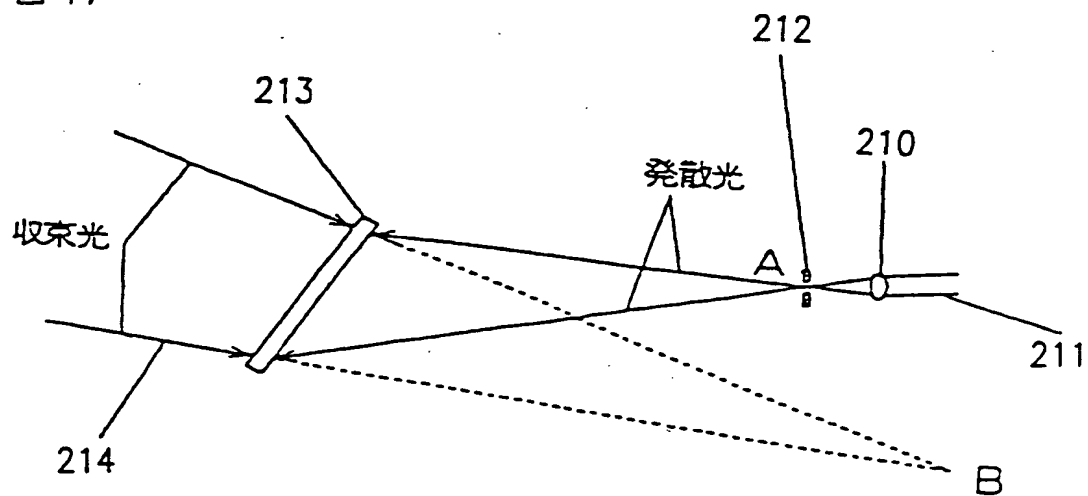


図 48A

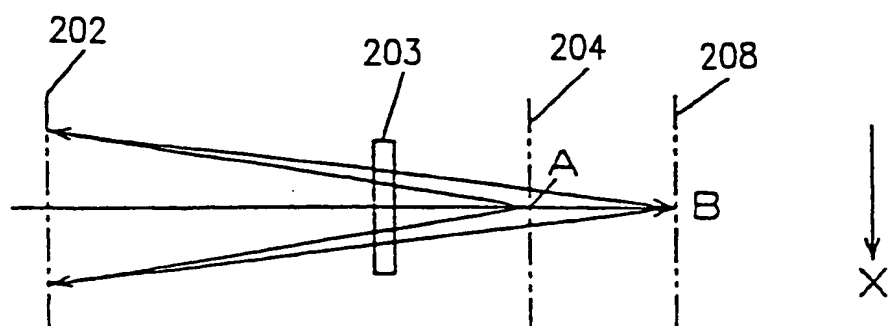


図 48B

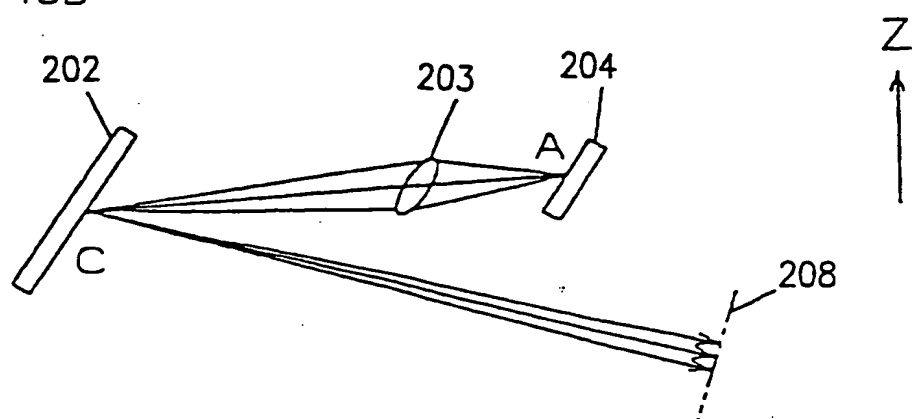


図 49A

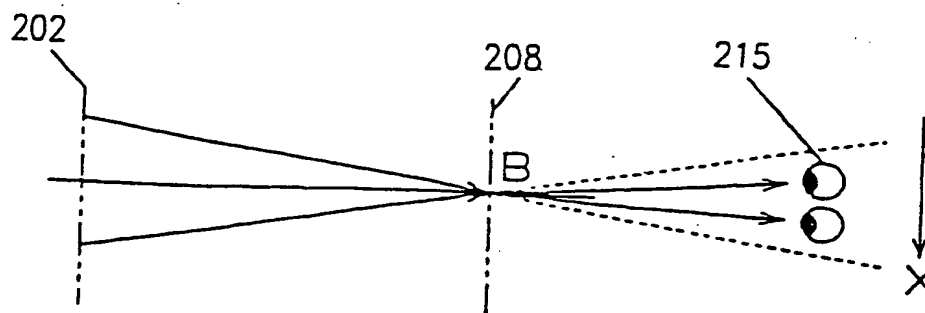


図 49B

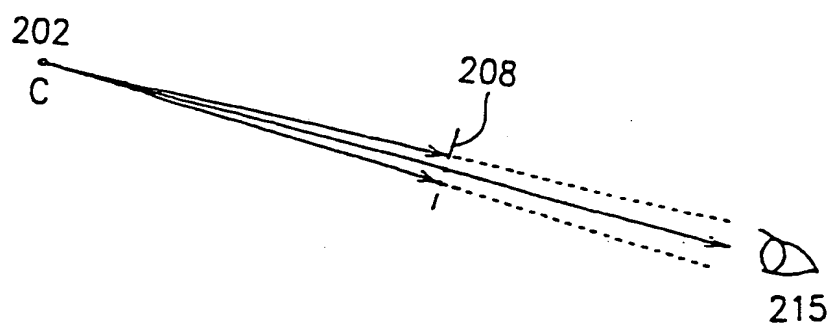
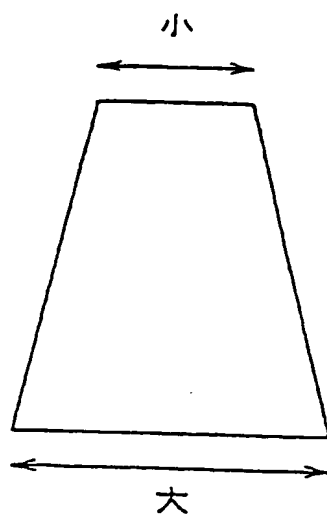
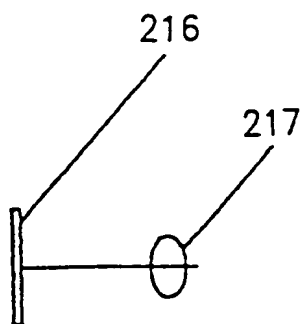


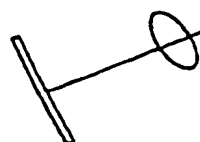
図 50



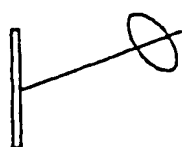
51A



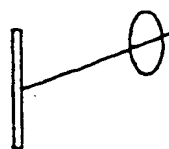
51B



51C



51D



52

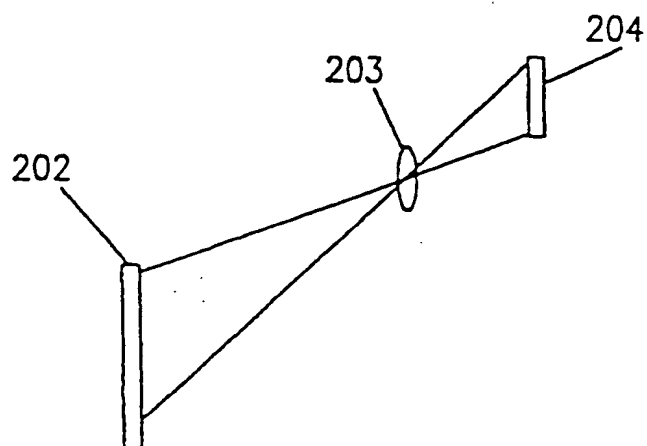


図 53

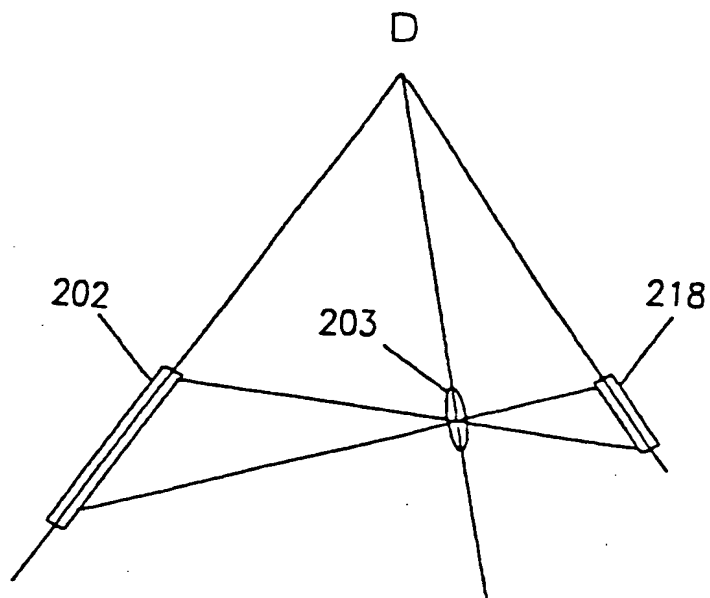
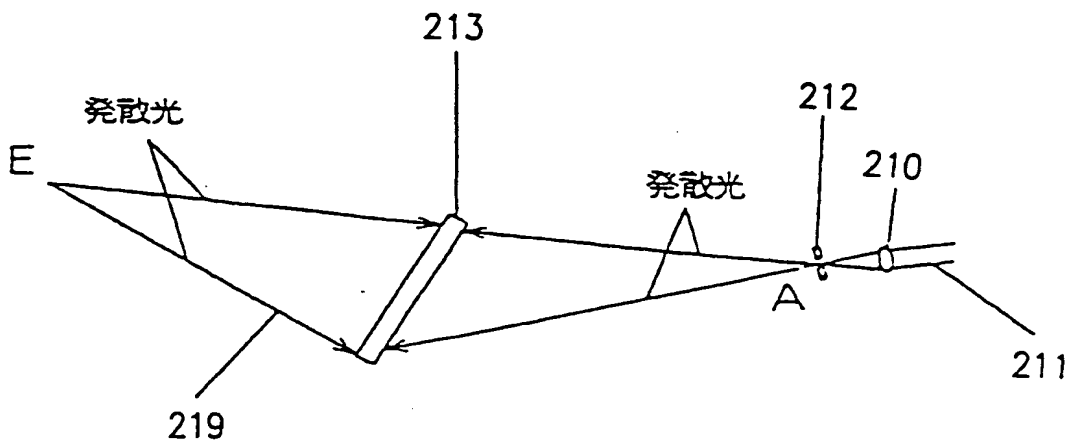
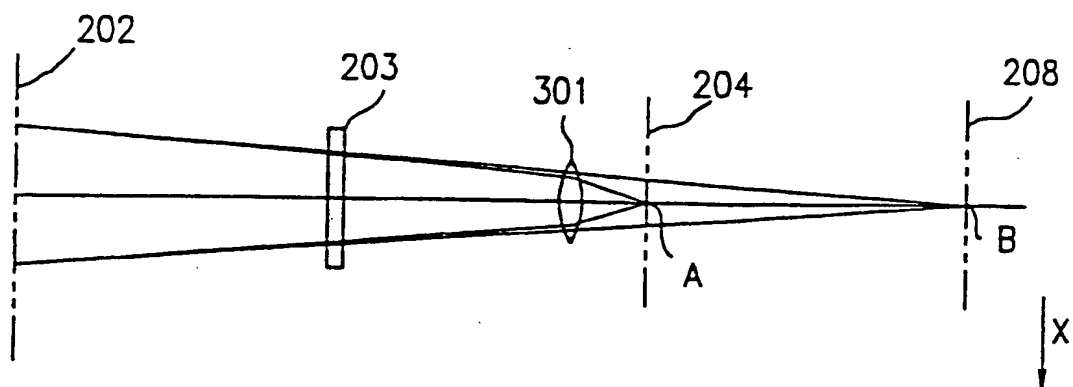


図 55



54A



54B

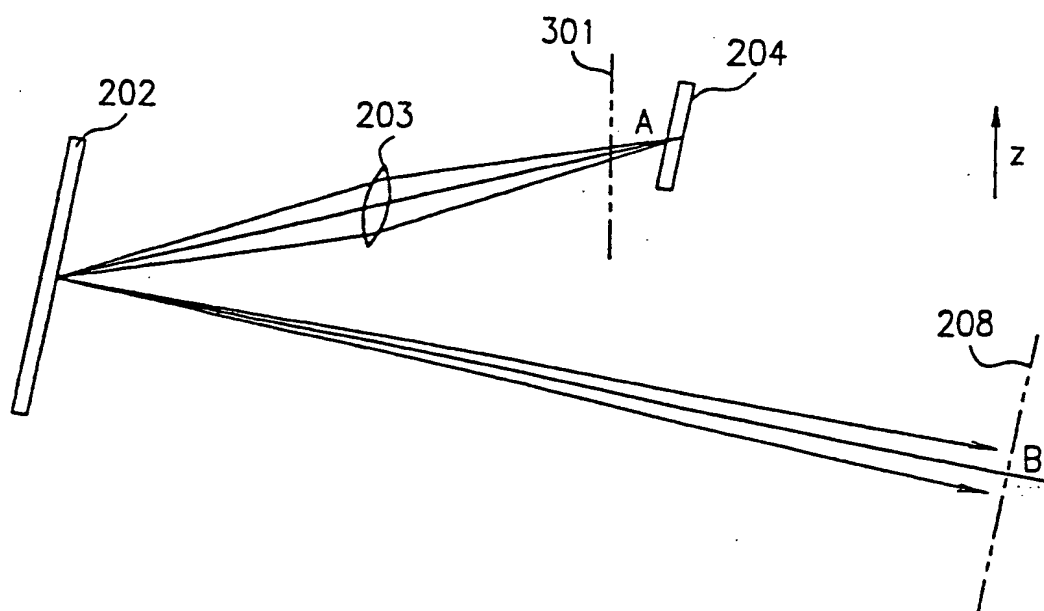


図 56

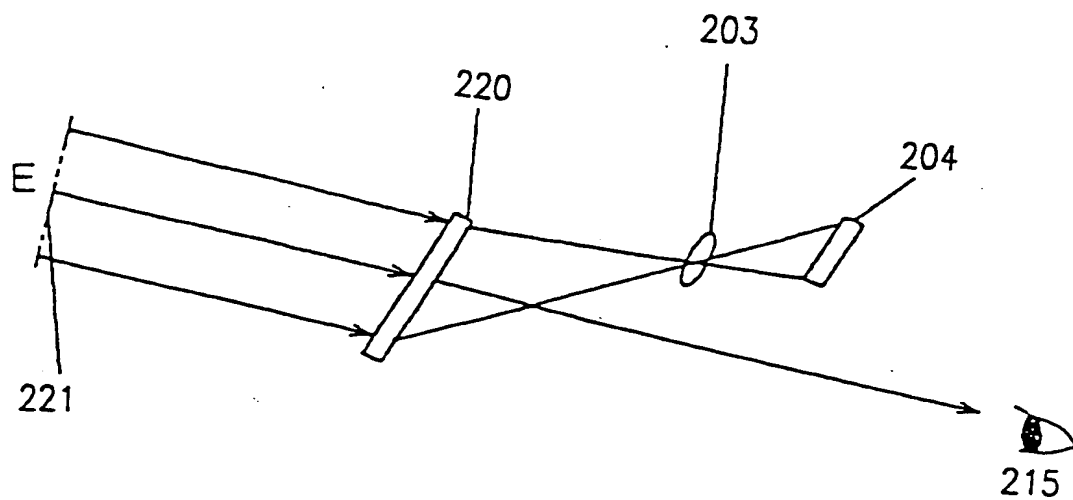


図 57

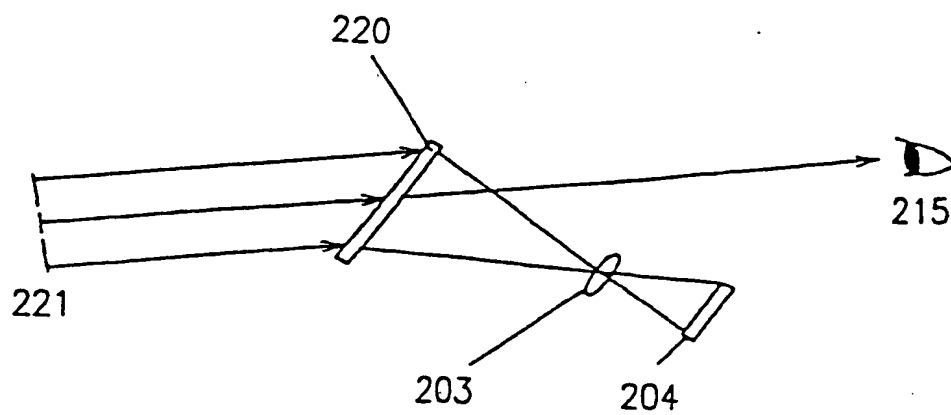


図 58

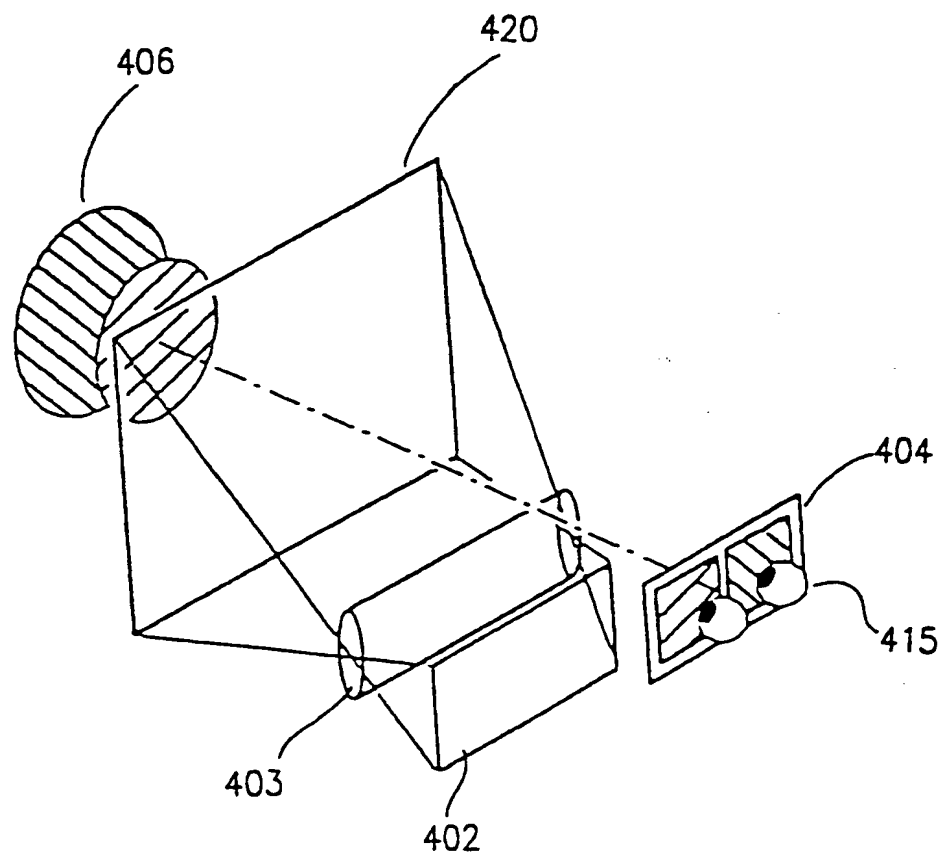


図 59A

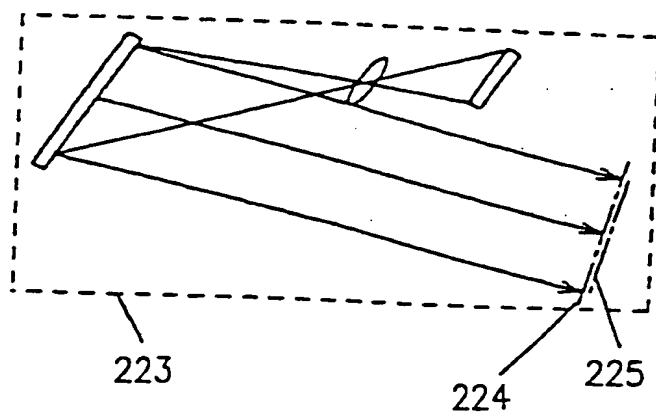


図 59B

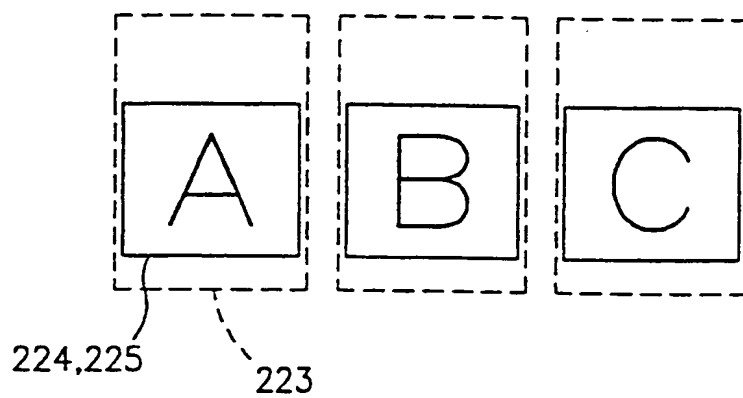


図 60

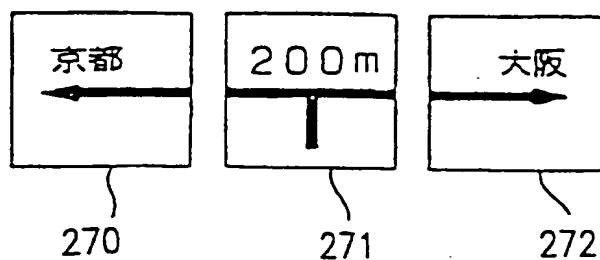


図 61

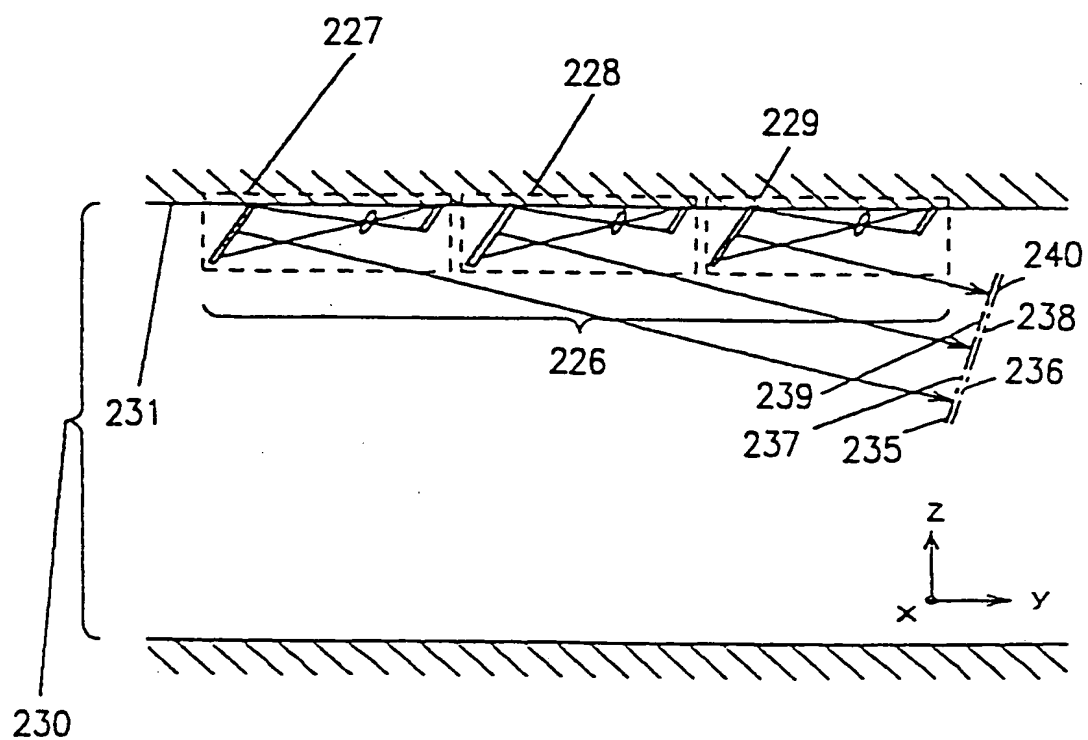


図 62A

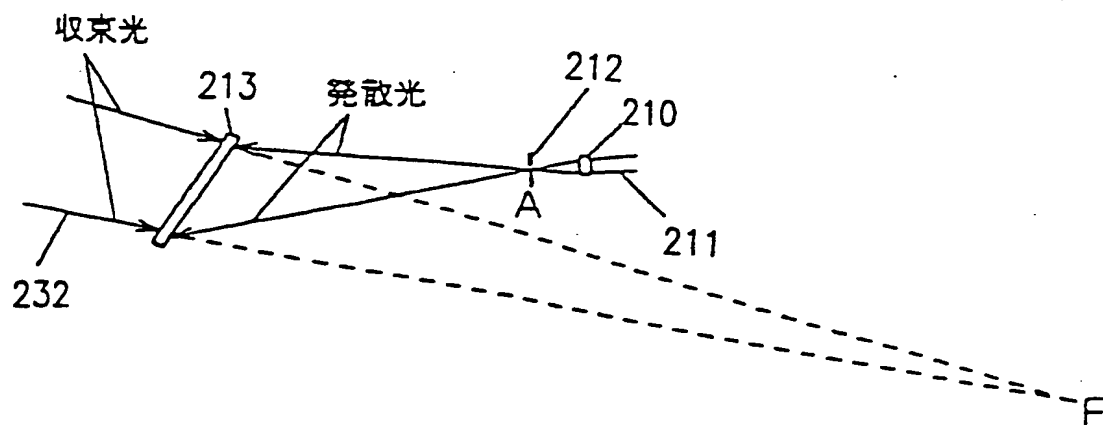


図 62B

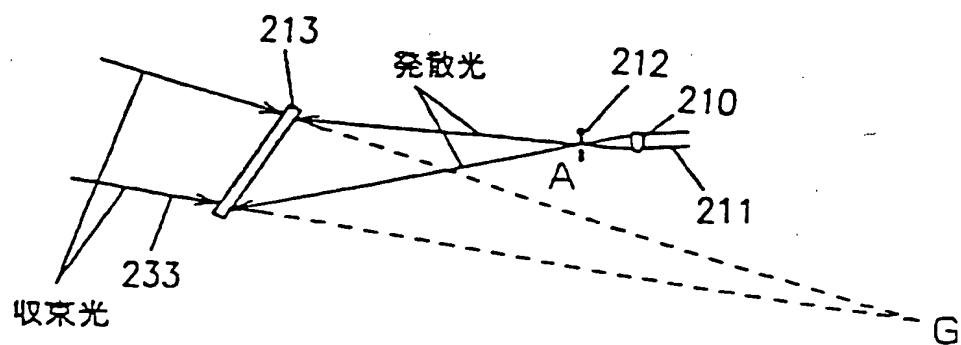


図 62C

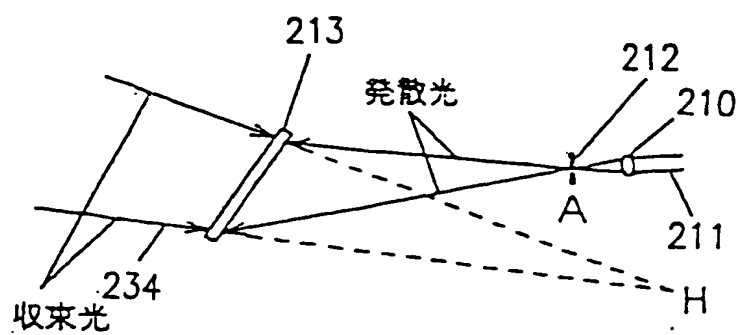


図 63A

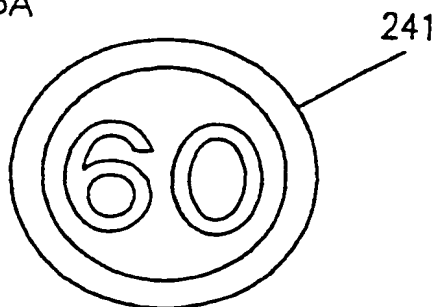
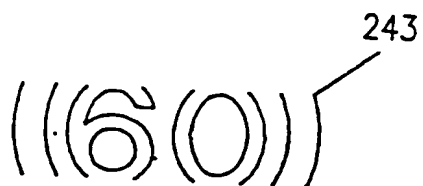


図 63B



63C

